



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Scienze della Terra  
Corso di laurea magistrale in Scienze Ambientali

TESI DI LAUREA

**Sistema di supporto alle decisioni per l'individuazione di aree idonee  
alla realizzazione di centrali idroelettriche con  
potenza inferiore ad 1 MW.**

RELATORE  
Prof. Simone GORELLI

CONTRORELATORE  
Dott.ssa Monica BINI

CANDIDATO  
Antonio RABIA

ANNO ACCADEMICO 2015 – 2016

**Indice:**

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>1. LA PIANIFICAZIONE ENERGETICA TERRITORIALE.....</b>	<b>4</b>
1.1 Gli strumenti della pianificazione territoriale.....	5
1.2 Il Bilancio Energetico Territoriale (BER).....	9
1.3 La situazione energetica in Italia.....	9
1.3.1. Competenze per il procedimento autorizzativo unico e valutazioni ambientali.....	11
1.3.2 Regolazione regionale dei regimi autorizzativi semplificati.....	14
1.3.3. Zone non idonee alla installazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili.....	17
1.3.4 Valutazioni ambientali degli impianti alimentati da fonti rinnovabili.....	19
1.3.5. Programmazione regionale per le fonti rinnovabili.....	20
<b>2. IL MINI IDROELETTRICO.....</b>	<b>24</b>
2.1 Classificazione.....	24
2.2 Principali tipi di impianto.....	25
2.3 Idroelettrico e sviluppo sostenibile.....	29
2.4 Gli impatti ambientali.....	33
<b>3. IL PIANO AUTORIZZATIVO PER LA COSTRUZIONE DI PICCOLE CENTRALI.....</b>	<b>40</b>
3.1 Il Contesto.....	40
3.2 Le Linee Guida nazionali e il D.Lgs. 28/2011.....	40
3.3 La Comunicazione al Comune.....	43
3.4 La Procedura Abilitativa Semplificata (P.A.S.).....	44
3.5 L' Autorizzazione Unica.....	45
3.6 Requisiti, aree non idonee, misure compensative.....	48
3.7 La situazione regionale.....	49
<b>4. L'INTEGRAZIONE TRA L'ANALISI MULTICRITERI E I SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI A SUPPORTO DELLE PROCEDURE DI VALUTAZIONE.....</b>	<b>51</b>
4.1 L'Analisi Multicriteria.....	51
4.2 I Sistemi Informativi Geografici.....	57
4.2.1 Concetti fondamentali.....	58
4.3 L'integrazione tra l'Analisi Multicriteria e i Sistemi Informativi Geografici.....	61
4.3.1 L'approccio metodologico.....	63
4.3.2 Limiti e potenzialità.....	65

<b>5. MATERIALI E METODI.....</b>	<b>67</b>
5.1 Inquadramento territoriale.....	67
5.2 Ambiti amministrativi.....	69
5.3 Ambiti territoriali.....	70
5.4 Analisi multicriteri geografica.....	74
5.4.1 Flusso di lavoro.....	74
5.4.2 Destrutturazione.....	76
5.5 Descrizione dei criteri utilizzati.....	80
5.6 Confronto a coppie.....	83
<b>RISULTATI.....</b>	<b>86</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>98</b>
<b>ALLEGATI.....</b>	<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>102</b>

## **INTRODUZIONE**

### **1. LA PIANIFICAZIONE ENERGETICA TERRITORIALE**

La pianificazione energetica territoriale è uno strumento d'azione nelle mani delle Pubbliche Amministrazioni di assoluta importanza che coinvolge attivamente le comunità locali nel percorso verso la sostenibilità energetica, attraverso la programmazione di azioni locali che migliorino l'efficienza energetica, aumentino il ricorso alle fonti rinnovabili, stimolino il risparmio energetico e l'uso razionale dell'energia.

Preliminare ad ogni azione di pianificazione è la conoscenza del territorio e delle sue risorse, così come dei vincoli legati ad usi alternativi o ai valori intrinseci (terreni agricoli, parchi, aree archeologiche, beni culturali ecc.). Un aspetto di primaria rilevanza è la necessità di pianificare lo sviluppo e l'installazione di impianti per la produzione di energia in modo da non confliggere con la destinazione ad uso agricolo dei territori e con le colture ad uso alimentare.

In ambito energetico ed ambientale la conoscenza del territorio deve quindi necessariamente spaziare dagli aspetti morfologici e orografici a quelli antropici e biologici e gli strumenti di programmazione energetica devono integrarsi con gli altri strumenti più generali di governo del territorio, che sono capaci di incidere direttamente sulle trasformazioni fisiche apponendo veri e propri vincoli, quali i piani urbanistici e paesistici e quelli della qualità dell'aria.

Energia e Territorio sono facce della stessa medaglia e necessitano di una sempre maggiore correlazione ed interazione tra pianificazione energetica, agricola e piani territoriali e urbanistici.

La messa a sistema di tutte le informazioni territoriali e dei diversi Piani (regionali, provinciali, comunali) ha assunto un rilievo strategico con l'aumento dell'utilizzo di fonti di energia rinnovabile. Esse sono per loro natura distribuite sul territorio e gli impianti devono essere collocati senza interferire con i valori o i vincoli del territorio stesso ed in modo ottimale in relazione alla disponibilità spaziale delle fonti rinnovabili quali sole, vento, acqua, calore geotermico, biomasse e/o in relazione alla domanda di energia da soddisfare, senza sottrarre terreni ad alto valore per la produzione agricola.

In Italia sono ad oggi presenti oltre 400.000 impianti fotovoltaici e diverse migliaia di impianti eolici e a biomasse che hanno profondamente modificato il paesaggio di alcune regioni, sollevando spesso conflitti a livello locale sulla loro installazione. La transizione dalla produzione energetica centralizzata a quella distribuita ha imposto di ripensare profondamente gli strumenti e i metodi di pianificazione. D'altra parte gli impegni ambientali siglati in ambito internazionale hanno obbligato ad integrare le classiche analisi domanda-offerta di energia con gli aspetti ambientali e territoriali. Aspetti che talvolta impongono una negoziazione locale con chi sul territorio opera e produce ed in



particolare con la componente agricola ed agroalimentare.

Le Regioni e le comunità locali devono essere supportate nell'analisi e valutazione delle risorse e delle potenzialità delle rinnovabili, sviluppando diversi strumenti di supporto alla pianificazione, quali ad esempio i Sistemi Informativi Territoriali (SIT) dedicati, al fine di realizzare analisi spaziali delle risorse integrate con vincoli d'uso per l'identificazione delle aree più idonee alla collocazione degli impianti. Gli stessi strumenti possono essere utilizzati al fine di valutare l'impatto ambientale degli strumenti di Piano.

Il passaggio dalla conoscenza alla pianificazione richiede poi la capacità di identificare e valutare le alternative di Piano e di misurarne gli effetti in ambito energetico, economico ed ambientale.

Oltre a ciò è importante lo sviluppo di un sistema statistico energetico-economico (SIER) in grado di omogeneizzare la qualità dell'informazione e realizzare le condizioni per una sua ottimale utilizzazione. Il SIER è uno strumento di supporto alle Amministrazioni Regionali, che permette l'acquisizione di un quadro conoscitivo della struttura energetica regionale e agevola la formulazione di una efficace pianificazione energetico-ambientale territoriale. Lo sviluppo di una metodologia consolidata e riconosciuta a livello nazionale e le informazioni contenute nella Base Dati consentono l'elaborazione dei Bilanci Energetici Regionali (BER), degli Indicatori di efficienza energetica e del Catasto delle emissioni.

L'insieme di questi strumenti costituisce il necessario supporto conoscitivo indispensabile alla definizione di scelte di piano corrette capaci di rendere evidenti ai decisori i potenziali effetti delle diverse ipotesi di sviluppo energetico. Negli ultimi anni alcuni di questi strumenti sono stati utilizzati sia per la pianificazione energetica a livello regionale (Emilia Romagna, Lazio, Puglia) sia in piani locali a livello di aree, Province e/o Comunità Montane.

### **1.1 Gli strumenti della pianificazione territoriale**

Per garantire un adeguato sviluppo delle tecnologie in grado di utilizzare maggiormente le fonti di energia rinnovabili, di ridurre il contributo antropico ai cambiamenti climatici e, al contempo, assicurare un approvvigionamento energetico sicuro ed efficace, capace di sostenere livelli di crescita economico-sociale, le politiche energetiche e i meccanismi di incentivazione che da esse scaturiscono, si sono rivelati strumenti chiave indispensabili.

I Piani Energetici Territoriali sono gli strumenti attraverso i quali l'Ente governativo programma, indirizza ed armonizza nel proprio territorio gli interventi strategici in tema di energia.

Si tratta di un documento tecnico nei suoi contenuti e politico nelle scelte e nelle priorità degli interventi. La predisposizione di adeguate politiche energetiche territoriali è imposta dalla sempre più attenta normativa nel settore energetico, alle esigenze del contenimento

dei consumi e delle emissioni di gas serra a livello planetario.

Il primo tentativo internazionale di giungere a comuni accordi per la riduzione, in tempi e quantità definite, delle emissioni in atmosfera di gas serra, risale al 1997 con il Protocollo di Kyoto (*Kyoto Protocol, Convention on Climate Change*, United Nations 1998), redatto e sottoscritto da più di 160 Paesi ma entrato in vigore solo il 16 febbraio 2005, dopo la ratifica da parte della Russia. A causa della sua complessità e del suo carattere "rivoluzionario", esso rappresenta il frutto di un laborioso processo di mediazione, durato più di 10 anni. Gli obiettivi prevedevano, rispetto ai dati del 1990, una riduzione del 5,2% per i Paesi industrializzati ed una politica di sviluppo industriale libera da vincoli normativi per i Paesi in via di sviluppo. Tali obblighi, specificamente assegnati per ogni singolo Stato firmatario, in realtà perseguivano obiettivi modesti rispetto alle esigenze imposte dai cambiamenti climatici e per di più prendevano a riferimento la base dei dati disponibili al 1990, anno in cui alcuni Paesi oggi fortemente energivori erano considerati alla stregua di Paesi in via di sviluppo (si pensi alla Cina o India). Ciò nonostante, esso rappresenta il primo tentativo a livello internazionale di generare comportamenti virtuosi in merito al contenimento delle emissioni di gas clima alteranti attraverso l'introduzione di tecnologie sempre più efficienti e/o di sistemi basati su fonti energetiche rinnovabili. Di minore risonanza, ma non certo di secondaria importanza, sono i progressi degli accordi internazionali per una ulteriore e radicale diminuzione delle emissioni acide in atmosfera (ossidi di azoto, anidride solforosa, particelle sospese) culminato nel 1999 con la stesura del Protocollo di Göteborg.

Per quanto riguarda strettamente le politiche di pianificazione energetica, il primo tentativo a livello comunitario, di realizzare un quadro legislativo in tale settore spetta probabilmente all'Italia, che già con le leggi 9-10 (Legge 9/91), (Legge 10/91), del 1991 poneva tra gli obiettivi primari il miglioramento dei processi di trasformazione dell'energia e la riduzione dei consumi energetici nei processi produttivi. Tali leggi, però, non hanno trovato concrete applicazioni per la mancanza di decreti attuativi. Più recentemente l'Unione Europea ha iniziato a dotarsi di una strategia energetica a lungo termine dapprima con la redazione del "libro verde" (Libro Verde 2006), quindi con il "Pacchetto energia" meglio noto come Direttiva 20/20/20 (EUROPA 2020), ed infine con l'ultima Direttiva 2009/28/CE (Direttiva 2009/28/CE) sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili. Esse rappresentano gli indirizzi che la Comunità Europea detta per il raggiungimento degli obiettivi di Kyoto, sostenendo le azioni di sviluppo nazionali e regionali, scambio di "*best practise*" tra iniziative di sviluppo locali e regionali in materia di produzione di energia da fonti rinnovabili, nonché il decentramento della produzione energetica attraverso le "*smart grids*", ovvero unità produttive di piccole-medie dimensioni, distribuite omogeneamente sul territorio e collegate direttamente alle utenze e/o a reti a basso voltaggio.

A livello nazionale, meritano attenzione il decreto n. 28 del marzo 2011 in attuazione della direttiva 2009/28/CE e il più recente decreto "*burden sharing*" (Decreto 15/03/2012), un vero e proprio meccanismo di commissariamento energetico delle Regioni, attraverso il quale, sono fissati gli obiettivi vincolanti di ogni singola Regione, obbligate a monitorare annualmente i progressi conseguiti, ed imporre altresì progressive sanzioni economiche per le Regioni inadempienti. A tutt'oggi manca ancora la definizione dei criteri per il monitoraggio dei target stessi. Nel 2014 oltre ad un richiamo formale per le Regioni inadempienti, si è passato, dall'anno successivo ad un vero e proprio contraddittorio con lo Stato, per accertare se l'inadempienza era imputabile alle Regioni o ad altre cause. Nel caso di accertata inadempienza da parte della Regione, le amministrazioni hanno avuto un tempo limite per rimediare, scaduto il quale, sarebbe dovuto scattare il commissariamento delle politiche energetiche.

Dopo l'adozione del Pacchetto europeo su clima ed energia nel 2008, la Commissione europea ha lanciato il "Patto dei Sindaci" (Bertoldi et al., 2010) per sostenere gli sforzi compiuti dagli enti locali nell'attuazione di politiche nel campo dell'energia sostenibile.

Il Patto prevedeva un impegno dei Sindaci direttamente con la Commissione europea, per raggiungere almeno una riduzione del 20% delle emissioni di CO<sub>2</sub> entro il 2020. I governi locali, infatti, svolgono un ruolo decisivo nella lotta al cambiamento climatico, soprattutto se si considera che l'80% dei consumi energetici e le relative emissioni di CO<sub>2</sub> sono associati alle attività urbane. Pertanto il Piano parte dalla conoscenza della situazione locale riguardo ai fattori energetici e alle emissioni di gas serra inclusi nell'Inventario di Base delle Emissioni (IBE) per poi descrivere le numerose azioni previste entro il 2020. Il Piano individua i settori di attività che sono maggiormente responsabili delle emissioni inquinanti, riferendosi a un anno rappresentativo (anno di baseline) e, sulla base dei risultati ottenuti, definisce le Azioni di Piano che concorrono al raggiungimento dell'obiettivo globale.

A livello regionale, lo strumento principale attraverso il quale si programmano e si indirizzano nel proprio territorio gli interventi strategici in tema di energia è rappresentato dal Piano Energetico Regionale (PER). I punti cardine del PER sono principalmente:

#### *a) Bilancio energetico regionale*

L'analisi del sistema energetico è fatta valutando una sorta di bilancio energetico tra domanda ed offerta di tutti i soggetti economici e produttivi che agiscono all'interno del territorio regionale. Tale bilancio rappresenta un quadro di sintesi del sistema energetico riferito ad un determinato periodo di tempo, solitamente un anno solare, dal quale è possibile dedurre la quantità e la tipologia di energia prodotta, reperita, trasformata e consumata nel territorio. Esso permette non solo di "fotografare" lo stato del sistema

energetico (consumi, risorse, flussi, ...) in vari istanti, ma anche di valutarne la "vulnerabilità energetica", fornendo indicazioni sull'evoluzione storica del territorio, sui possibili sviluppi futuri, sulle criticità e le potenzialità di risparmio dell'attuale e futura configurazione territoriale e settoriale, fornendo elementi mirati all'individuazione di azioni e politiche di intervento prioritarie.

*b) Individuazione dei bacini energetici territoriali*

Le Regioni hanno il compito di individuare i bacini omogenei di utenza che, in relazione a la tipologia del sistema insediativo e produttivo, le dimensioni, la disponibilità e/o la cantierabilità di impianti da fonti rinnovabili, e la preesistenza di vettori energetici, costituiscono obiettivi specifici di promozione dell'efficienza e della sostenibilità energetica sul territorio, garantendo il soddisfacimento della domanda energetica attuale e futura.

*c) Individuazione delle politiche di intervento e delle risorse finanziarie*

L'analisi del sistema energetico, di cui ai punti precedenti, deve consentire la redazione degli scenari programmatici di domanda/offerta energetica nel territorio, individuando gli obiettivi da perseguire in relazione all'abbattimento dei consumi, nonché le risorse finanziarie da destinare alla realizzazione di interventi per il risparmio energetico e per la realizzazione di impianti, sia pubblici che privati, atti alla produzione di energia da fonti rinnovabili o da cogenerazione nel territorio o nei territori confinanti.

Le linee guida dettate dal PER sono recepite, infine, a livello locale (Province e Comuni con popolazione superiore a cinquantamila abitanti) negli analoghi Piani Energetici Ambientali Provinciali (PEAP) e Comunali (PEC). Essi sono pertanto documenti analoghi al PER, finalizzati all'individuazione del bilancio energetico ed alla programmazione di interventi tesi al risparmio energetico ed all'uso delle fonti rinnovabili nel territorio di competenza, con conseguenti ripercussioni positive sulla tutela dell'ambiente.

Essendo calati su una realtà territoriale ristretta, essi consentono una analisi di dettaglio:

- l'effettuazione e/o l'aggiornamento del censimento energetico degli edifici di proprietà comunale;
- l'effettuazione del bilancio energetico del territorio comunale suddiviso per settori (civile, agricolo, industriale, trasporti);
- l'individuazione delle azioni tese alla sensibilizzazione, l'informazione dei cittadini, attivando organismi e forme di incentivazione ad hoc;
- l'elaborazione di Capitolati d'Appalto tipo per la gestione energetica degli impianti e degli uffici contenenti forme innovative di risparmio energetico;
- la previsione di quanto altro necessario per rendere il Piano Territoriale uno strumento aggiornabile, modificabile ed adattabile alle esigenze future.

## **1.2 Il Bilancio Energetico Territoriale (BER)**

Il BER è uno strumento essenziale per una corretta analisi energetica territoriale, che fornisce, per l'area di interesse, ed in maniera sintetica: la tipologia di energia utilizzata, nonché la produzione o l'eventuale sua acquisizione, la trasformazione ed il consumo della stessa.

Sotto il profilo geografico, tale strumento riproduce l'immagine di un determinato territorio dal punto di vista energetico, fornendo informazioni sia di carattere quantitativo che qualitativo relative a un dato arco temporale, generalmente un anno; ne evidenzia i consumi complessivi, la relativa composizione e ripartizione tra i differenti settori economici, la capacità produttiva, l'eventuale dipendenza dall'estero. Tale strumento consente, quindi, la caratterizzazione della realtà territoriale in esame, di sviluppare indagini comparative con altre aree geografiche e di descrivere scenari futuri, fondamentali per elaborare ulteriori piani energetici efficaci.

Tale screening consente alle amministrazioni locali di avere, sulla base di bilanci storici e di statistiche, una prima valutazione della tendenza evolutiva del territorio interessato o rispetto ad altre aree simili. Come tutti i bilanci, il BER raccoglie informazioni sulle entrate e sulle uscite, analizzando, per un determinato intervallo temporale, i dati relativi a:

- le produzioni derivanti da fonti energetiche primarie (fonti fossili e rinnovabili);
- le trasformazioni energetiche (da fonti primarie a secondarie);
- i flussi energetici in ingresso ed in uscita dei diversi vettori energetici con gli altri territori;
- le quantità di energia consumate (ovvero la domanda di energia richiesta dagli utenti finali).

## **1.3 La situazione energetica in Italia**

In materia di energia, dal 2001, sulla base del Titolo V della Costituzione, Stato e Regioni concorrono nell'elaborazione della normativa di riferimento. Lo Stato ha il compito di disciplinare i principi fondamentali, le Regioni e le Province autonome legiferano nel rispetto degli indirizzi statali. Nell'ambito di questo quadro di riferimento costituzionale si è consolidato il processo di decentramento delle funzioni amministrative dallo Stato alle Regioni e agli enti locali in tema di autorizzazioni per gli impianti alimentati da fonti rinnovabili, processo già avviato con il D.Lgs. n.112/98.

Per regolazione regionale si intendono sostanzialmente gli interventi normativi compiuti dalle Regioni con atti di carattere legislativo o amministrativo, per attuare, modificare o

integrare le indicazioni normative nazionali in materia di realizzazione ed esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

A questo fine sono stati considerati i principali profili inerenti i regimi autorizzativi specifici, le procedure di valutazione ambientale connesse, i procedimenti amministrativi per la concessione di acque superficiali per gli impianti idroelettrici e per la concessione di uso di risorse geotermiche per gli impianti geotermoelettrici. Si tratta di un insieme di funzioni amministrative che da un decennio sono state quasi tutte conferite alle Regioni, le quali in molti casi le hanno delegate alle Province.

Lo studio, muovendo dal monitoraggio delle deleghe delle funzioni amministrative effettuate dalle Regioni alle Province per quanto riguarda i regimi autorizzativi, mostra una mappa completa degli enti che sono attualmente responsabili dei procedimenti amministrativi per gli impianti a fonti rinnovabili. Tra gli aspetti analizzati rientrano anche la regolazione regionale in materia di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), che spesso si intreccia con i procedimenti autorizzativi degli impianti energetici, nonché l'individuazione delle aree non idonee all'installazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili.

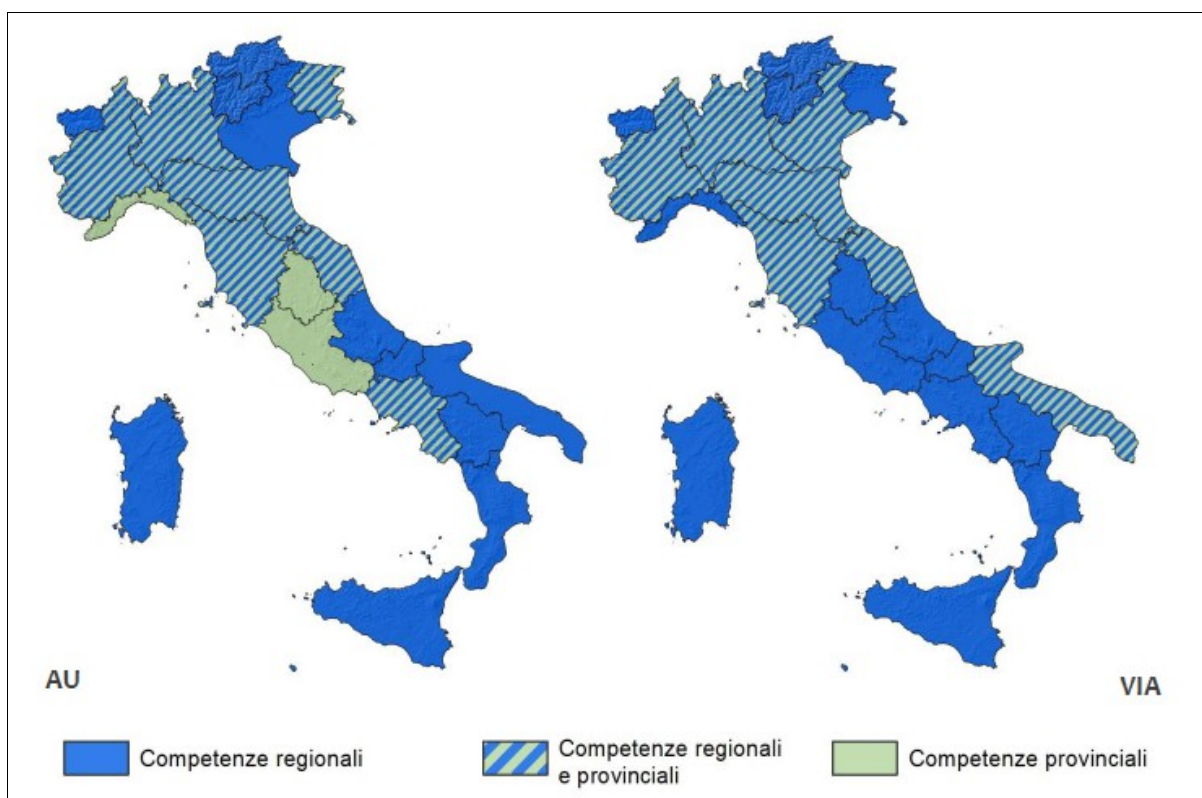
Importante quindi è l'esercizio che le Regioni hanno fatto della facoltà loro attribuita di individuare aree non idonee alla installazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili secondo i criteri previsti dal DM "Linee Guida" del 10/09/2010 per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili e di introdurre altre forme di regolazione per disciplinare lo sviluppo della generazione elettrica da fonti rinnovabili.

Il quadro della regolazione regionale che emerge può consentire anche di valutare il tema dell'integrazione e della coerenza tra le politiche regionali di promozione delle fonti rinnovabili nel settore elettrico e il complesso delle altre politiche regionali, in particolare di tutela ambientale, che interagiscono in modo determinante con le prime. Tale tema è al centro del processo di recepimento da parte delle Regioni dei nuovi obiettivi regionali al 2020 fissati dal DM "*Burden Sharing*". I nuovi atti di programmazione regionale per le fonti rinnovabili, in corso di definizione, dovranno infatti assicurare coerenza con la programmazione regionale di altri settori come previsto dal D.Lgs. n.28/2011.

Lo scenario attuale della regolazione regionale della generazione elettrica da fonti rinnovabili può costituire un quadro conoscitivo condiviso dagli attori istituzionali interessati, utile per far emergere valutazioni, anche comparative, buone pratiche e iniziative necessarie per rendere più efficace ed efficiente la *governance* istituzionale in questo settore delle politiche pubbliche.

### 1.3.1. Competenze per il procedimento autorizzativo unico e valutazioni ambientali

L'analisi del quadro normativo regionale consente di ricostruire lo scenario d'insieme a livello nazionale, delle diverse scelte compiute dalle Regioni nell'individuazione delle autorità competenti al rilascio dell'autorizzazione per gli impianti di produzione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, come risulta dalla Figura 1.3.1.1



**Figura 1.3.1.1** Attribuzione delle competenze per autorizzazione e valutazione ambientale per gli impianti alimentati da fonti rinnovabili (assetto al 31/12/2013).

In particolare, emerge che otto Regioni, tra cui tutte quelle meridionali ad esclusione della Campania, sia a Statuto ordinario che speciale, prevedono l'attribuzione in modo esclusivo all'amministrazione regionale stessa delle funzioni amministrative per il procedimento autorizzativo. Tra le Regioni a Statuto ordinario centro-settentrionali, il Veneto è l'unica fino ad oggi che ha trattenuto a sé, in via esclusiva, l'esercizio della funzione autorizzativa. Solo tre Regioni a Statuto ordinario (Liguria, Umbria e Lazio) hanno mantenuto intatto il disegno originario previsto dal D.Lgs. n.112/98, con l'attribuzione esclusiva alle Province delle funzioni amministrative per l'autorizzazione degli impianti.

Dalla ricognizione svolta emerge che in Italia, al 31/12/2013, sono 81 le amministrazioni pubbliche tra Regioni e Province, che esercitano le funzioni amministrative del procedimento unico per il rilascio della autorizzazione di impianti di produzione di energia

elettrica da fonti rinnovabili.

Per quanto riguarda le procedure di valutazione ambientale degli impianti di generazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, nella scelta delle Regioni prevale l'opzione di individuare l'amministrazione regionale stessa come autorità competente dei procedimenti amministrativi, essendo solo sette le Regioni (Piemonte, Veneto, Emilia Romagna, Toscana, Marche, Puglia e Lombardia) che con varie opzioni hanno, in parte, delegato alle amministrazioni provinciali le funzioni di autorità competente (vedi Figura 1.3.1.1). La ricognizione effettuata consente di individuare, tra Regioni e Province, 68 amministrazioni che svolgono le funzioni di autorità competente per le procedure di VIA connesse alla realizzazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Occorre segnalare che alcune Regioni sono attualmente impegnate nella revisione delle proprie normative in attuazione del D.Lgs. n.128/2010, e che il quadro delle norme regionali qui aggiornato al 31/12/2013 è tuttora in corso di evoluzione.

Il combinato disposto delle disposizioni regionali in materia di procedimento autorizzativo e procedure di valutazione ambientale collegate alla realizzazione degli impianti fa emergere cinque casistiche di distribuzione delle competenze come evidenziato nelle Tabelle 1.3.1.1 e 1.3.1.2.

L'opzione più diffusa (adottata da Abruzzo, Molise, Basilicata, Calabria, Sicilia e Sardegna) è quella dell'esercizio a livello regionale delle funzioni autorizzative e per le valutazioni ambientali. Per le altre due Regioni che esercitano la funzione autorizzativa a livello regionale (Veneto e Puglia) le funzioni di autorità competente per le procedure di valutazione ambientale degli impianti sono ripartite tra Regione e Province.

**Tabella 1.3.1.1** Quadro sinottico delle attribuzioni delle competenze ai fini del procedimento autorizzativo unico ex art. 12 D.Lgs. n.387/2003 (assetto al 31/12/2013).

Regione	Regione e Provincia	Provincia
Abruzzo	Campania	Lazio
Basilicata	Emilia Romagna	Liguria
Calabria	Friuli Venezia Giulia	Umbria
Molise	Lombardia	
Puglia	Marche	
Sardegna	Piemonte	
Sicilia	Toscana	
Veneto		



**Tabella 1.3.1.2** Quadro sinottico dell'attribuzione delle competenze ai fini delle procedure di valutazione ambientale collegate (assetto al 31/12/2013).

Regione	Regione e Provincia	Provincia
Abruzzo	Emilia Romagna	
Basilicata	Lombardia	
Calabria	Marche	
Campania	Piemonte	
Friuli Venezia Giulia	Puglia	
Lazio	Toscana	
Liguria	Veneto	
Molise		
Sardegna		
Sicilia		
Umbria		

Per le tre Regioni che hanno attribuito in via esclusiva le funzioni autorizzative alle Province (Liguria, Umbria e Lazio), le procedure di VIA sono invece attribuite esclusivamente alla Regione.

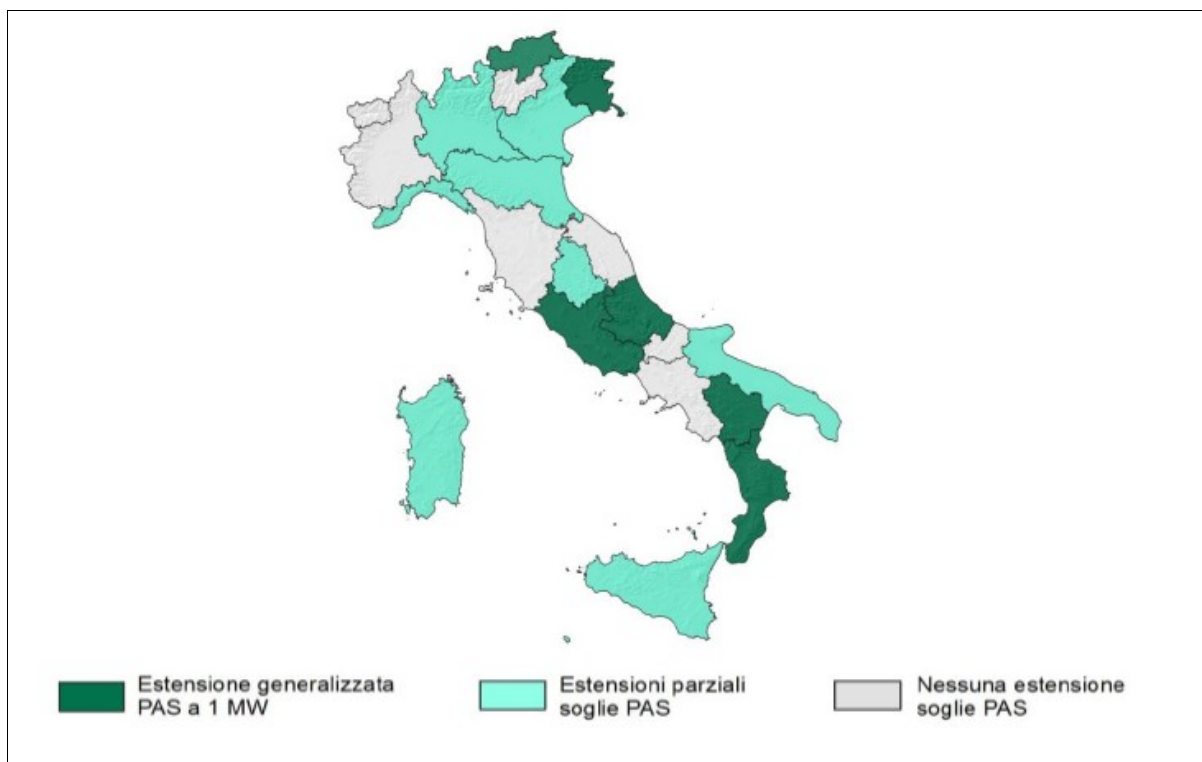
Infine per le sette Regioni che hanno ripartito le funzioni autorizzative tra l'amministrazione regionale e quelle provinciali, troviamo due casi (Friuli Venezia Giulia e Campania) in cui l'autorità competente per le valutazioni ambientali è esclusivamente la Regione e cinque casi (Piemonte, Lombardia, Emilia Romagna, Toscana e Marche) in cui sia le funzioni autorizzative che quelle per le procedure di valutazione ambientale sono ripartite tra l'amministrazione regionale e le amministrazioni provinciali. L'articolazione fonte per fonte nella distribuzione delle competenze per due tipi di procedure nelle diverse Regioni è analizzata nel dettaglio in apposite sezioni del rapporto.

### **1.3.2. Regolazione regionale dei regimi autorizzativi semplificati**

Il D.Lgs. n.28/2011 ha introdotto molteplici disposizioni che rimandano alla necessità o alla possibilità di specifiche normative regionali attuative. I principali rimandi a ulteriori provvedimenti regionali sono riferiti alla disciplina dei regimi autorizzativi per gli impianti. Nel rapporto è stato esaminato come le Regioni hanno utilizzato le facoltà di intervento previste dalla normativa nazionale per regolare il ruolo dei regimi autorizzativi semplificati (Procedura Autorizzativa Semplificata PAS e Comunicazione) e quindi come ne hanno esteso il ruolo e al contempo ridotto quello del procedimento autorizzativo unico e della PAS. Di particolare rilievo è l'art.6 del D.Lgs. n.28/2011 dove, al comma 8, si stabilisce che le Regioni possano innalzare fino a un 1 MW le soglie previste dal D.Lgs. n.387/2003 e dal DM "Linee Guida" del 10 settembre 2010 per gli impianti soggetti a PAS (ex Denuncia di Inizio Attività, DIA).

Al 31 dicembre 2013 si registrano ben 13 casi di Regioni che sono intervenute per disciplinare il regime di applicazione della PAS (vedi Figura 1.3.2.1). In tale casistica di regolazione regionale ricadono anche casi di natura restrittiva come quello dell'Umbria che prevede il regime di Autorizzazione Unica per gli impianti idroelettrici anche al di sotto della soglia prevista dalle norme nazionali e i casi delle disposizioni previste da alcune Regioni a Statuto speciale. La Provincia autonoma di Bolzano, il Friuli Venezia Giulia, il Lazio, l'Abruzzo, la Calabria e la Basilicata sono le Regioni che hanno esteso in modo generalizzato l'applicazione della PAS fino a 1 MW a tutte le tipologie di impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili.

In cinque Regioni a statuto ordinario (Piemonte, Toscana, Marche, Molise e Campania) si utilizzano solo le soglie previste dalla normativa nazionale per la PAS. Sono quindi nove le Regioni che hanno esercitato in modo parziale le possibilità d'intervento previste dal D.Lgs. n.28/2011, ed hanno esteso, in modo più o meno rilevante, l'applicazione del regime della PAS. Tra queste si possono distinguere: i casi di Regioni che hanno esteso la soglia della PAS ad 1 MW per quasi tutte le fonti, con alcune limitazioni come la Puglia e la Sicilia; i casi diffusi di Regioni che hanno esteso le soglie per la PAS solo per alcune fonti e tipologie di impianti, o che adottano soglie con valori intermedi tra quelli previsti minimi dalla normativa nazionale e la soglia massima di 1 MW.



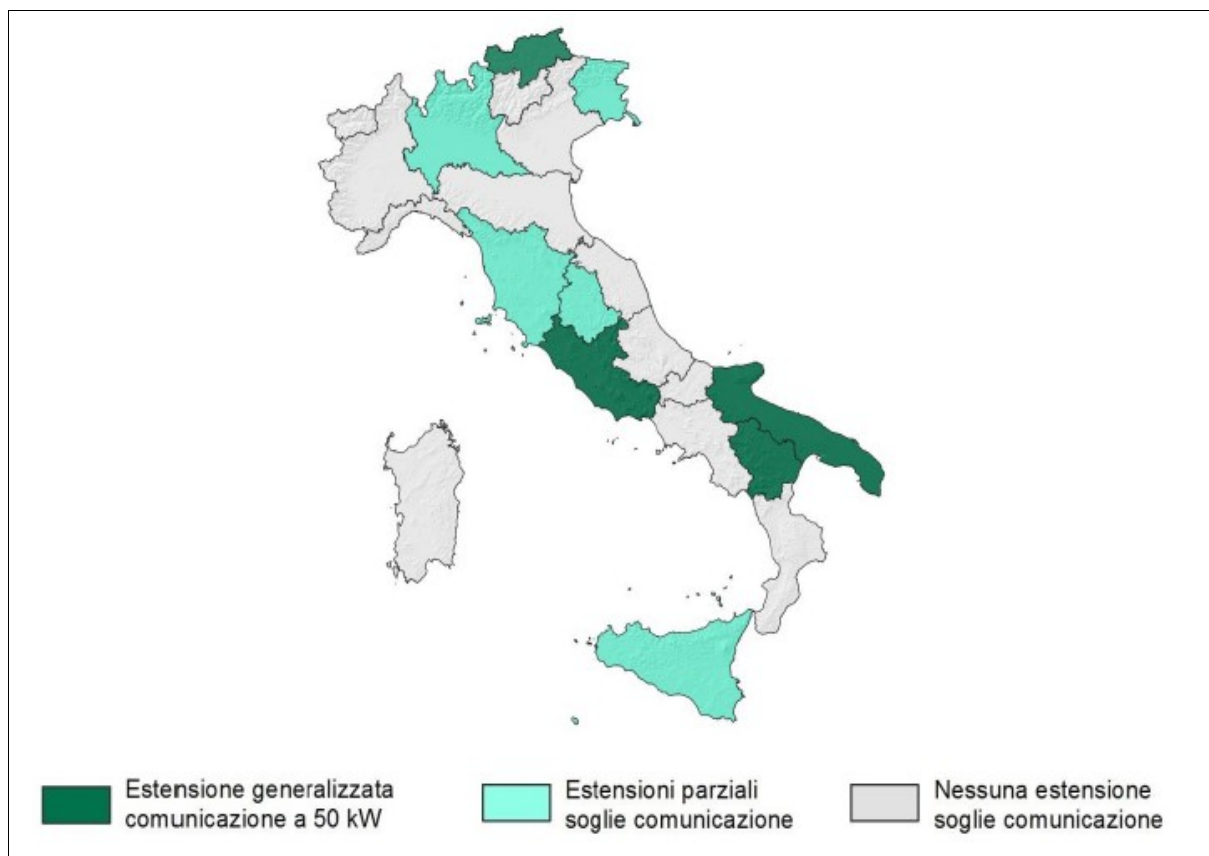
**Figura 1.3.2.1** Soglie per l'applicazione della PAS per gli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili (assetto al 31/12/2013).

Il comma 11 dell'art.6 del D.Lgs. n.28/2011 prevede invece che le Regioni possono estendere il regime della Comunicazione fino alla soglia di 50 kW, rispetto a quelle fissate dal DM "Linee Guida". Inoltre le Regioni possono estendere l'applicazione della Comunicazione anche agli impianti fotovoltaici di qualsivoglia potenza da realizzare sugli edifici.

La facoltà di estendere in modo generalizzato il regime della Comunicazione fino alla potenza di 50 kW per tutti i tipi di impianti è stata utilizzata da tre Regioni (Lazio, Puglia e Basilicata), come è possibile vedere nella Figura 1.3.2.2.

In questo caso sono undici le Regioni in cui si applicano solo le indicazioni delle normative nazionali per l'applicazione del regime della Comunicazione.

Sono quattro le Regioni (Lombardia, Toscana, Umbria e Sicilia) che hanno esercitato in modo parziale le possibilità d'intervento previste dal D.Lgs. n.28/2011 ed hanno, in modo più o meno rilevante, esteso l'applicazione del regime della Comunicazione.



**Figura 1.3.2.2** Soglie per l'applicazione della Comunicazione agli impianti di produzione elettrica alimentati da fonti rinnovabili (assetto al 31/12/2013).

### **1.3.3. Zone non idonee alla installazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili**

Il comma 10 dell'articolo 12 del D.Lgs. n.387/2003 e s.m.i. prevede che le Regioni, in attuazione delle Linee Guida sul procedimento autorizzativo unico, possano individuare aree non idonee alla installazione di specifiche tipologie di impianti.

Il punto 17 delle "Linee Guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili" emanate con il DM del 10 settembre 2010, specifica le modalità di individuazione delle zone non idonee da parte delle Regioni e rimanda all'allegato 3 del DM per una ulteriore definizione dei criteri di individuazione delle stesse.

Come si può vedere nella successiva Tabella 1.3.3.1, sono state individuate zone non idonee per il fotovoltaico e l'eolico in circa due terzi delle Regioni italiane, mentre sono 7 le Regioni che le hanno definite per gli impianti a biomassa e 6 per gli impianti a biogas, 5 i casi di zone non idonee per l'idroelettrico e 2 per il geotermico. In 4 Regioni a Statuto ordinario non sono state definite le zone non idonee per nessun tipo di impianto (Lombardia, Friuli Venezia Giulia, Lazio e Campania), e in 2 Regioni sono state individuate per tutti i tipi di impianto per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (Molise e Umbria). Occorre segnalare che sono in itinere altri provvedimenti di individuazione di zone non idonee: per le biomasse e l'eolico in Toscana.

Per il fotovoltaico in nove Regioni l'individuazione delle zone non idonee è stata effettuata solo per gli impianti a terra.

**Tabella 1.3.3.1** Individuazione di aree non idonee adottate dalle Regioni per gli impianti di produzione elettrica alimentati da fonti rinnovabili al 31/12/2013.

REGIONE	Biomasse	Biogas	Eolico	Fotovoltaico	Geotermia	Idroelettrico
Piemonte	✓	✓		✓		
Valle d'Aosta			✓	✓		
Lombardia						
Bolzano						
Trento						
Veneto	✓	✓		✓		✓
Friuli Venezia Giulia						
Emilia Romagna	✓	✓	✓	✓		✓
Liguria			✓			✓
Toscana				✓		
Umbria	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Marche	✓	✓	✓	✓		
Lazio						
Abruzzo			✓	✓		
Molise	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Campania						
Puglia	✓		✓	✓		
Basilicata			✓	✓		
Calabria			✓			
Sicilia						
Sardegna			✓	✓		

### 1.3.4. Valutazioni ambientali degli impianti alimentati da fonti rinnovabili

Il quadro di sintesi della regolazione regionale per le procedure di Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA) e Verifica di Assoggettabilità (VA) degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili è rappresentato dalla Tabella 1.3.4.1

**Tabella 1.3.4.1** Quadro di sintesi delle procedure di valutazione ambientale nei progetti di impianti di produzione elettrica alimentati da fonti rinnovabili al 31/12/2013.

REGIONE	Soglie VA e VIA estensione (▲) restrizione (▼)	Ulteriori progetti da sottoporre a VIA o VA	Criteri per l'esclusione da VA	Valutazione Cumulativa
Piemonte	Idroelettrico ▲	Idroelettrico	Idroelettrico Fotovoltaico	Fotovoltaico
Valle d'Aosta	Biomasse ▼ Eolico ▼ Fotovoltaico ▼	Eolico		
Lombardia			Fotovoltaico Idroelettrico	Fotovoltaico
Bolzano	Biomasse ▼ Eolico ▼ Fotovoltaico ▼ Idroelettrico ▲			
Trento	Biomasse ▼ Eolico ▼ Fotovoltaico ▼ Idroelettrico ▲	Tutti i progetti che ricadono nelle aree Rete Natura 2000 Eolico	Fotovoltaico	
Veneto				Fotovoltaico
Friuli Venezia Giulia			Fotovoltaico	
Liguria		Eolico Fotovoltaico	Fotovoltaico Idroelettrico Biomasse	
Emilia Romagna		Tutti i progetti che ricadono nelle aree indicate dal comma 1 dell'art.4 della LR n.9 del 18 maggio 1999 e s.m.i.		Biomasse Eolico Fotovoltaico Geotermia Idroelettrico
Toscana	-	Tutti i progetti che ricadono nelle aree Rete Natura 2000	Geotermia	
Umbria	Biomasse ▼ Eolico ▼	Tutti i progetti che ricadono nelle aree Rete Natura 2000 e aree di rispetto ex art. 92 del D.Lgs. n.152/2006 s.m.i. Eolico Idroelettrico		Biomasse Eolico Fotovoltaico Geotermia Idroelettrico
Marche	Biomasse ▼	Fotovoltaico	Fotovoltaico	Biomasse Fotovoltaico
Lazio	Fotovoltaico ▲			
Abruzzo				Fotovoltaico
Molise				Eolico Fotovoltaico
Campania	▲ 30% se in APEA, emas, iso 14001	Tutti i progetti che ricadono nelle aree Rete Natura 2000		
Puglia	Idroelettrico ▼	Tutti i progetti che ricadono nelle aree Rete Natura 2000 Fotovoltaico	Fotovoltaico	Eolico Fotovoltaico
Basilicata	Biomasse ▼ Eolico ▼ Idroelettrico ▼ e ▲			
Calabria				
Sicilia				
Sardegna	Eolico ▼	Tutti i progetti che ricadono nelle aree Rete Natura 2000	Geotermia Eolico	Eolico Fotovoltaico
Nella tabella sono evidenziate in neretto le Regioni che hanno effettuato interventi normativi <i>ad hoc</i> per gli impianti alimentati da fonti rinnovabili in difformità dalle indicazioni ordinarie del D.Lgs. n.152/2006 e s.m.i.				

Come si può vedere oggi le normative di quasi tutte le Regioni italiane (ad esclusione di Emilia Romagna, Campania, Calabria e Sicilia), contemplano interventi di regolazione delle procedure di VIA e VA specificamente rivolti a queste tipologie di intervento. In linea generale si possono distinguere gli interventi di carattere restrittivo finalizzati ad ampliare le casistiche dei progetti soggetti alla valutazione degli impatti ambientali e quelli di carattere estensivo, volti invece a ridurre le tipologie dei progetti sottoposti alle procedure di valutazione ambientale.

### **1.3.5. Programmazione regionale per le fonti rinnovabili**

Il nuovo ciclo di politiche UE (2010–2020) per la promozione delle fonti rinnovabili ha introdotto obiettivi vincolanti di penetrazione nei consumi di energia dei Paesi membri (per l'Italia, 17% dei consumi finali lordi soddisfatti mediante le fonti rinnovabili) e l'obbligo di una specifica programmazione rappresentata dai Piani di Azione Nazionali (PAN). La normativa italiana ha previsto la ripartizione tra le Regioni ("*Burden Sharing*" regionale) dell'obiettivo nazionale con la definizione di obiettivi regionali al 2020 fissati tramite decreto ministeriale e una successiva fase di recepimento di questi obiettivi con nuovi atti di programmazione regionale.

Con il Decreto Ministeriale 15 marzo 2012 (DM "*Burden Sharing*") del Ministero dello Sviluppo Economico è stata effettuata la ripartizione tra le Regioni degli obiettivi nazionali 2020 di sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili (FER). Gli obiettivi fissati per le Regioni riguardano solo i consumi elettrici e quelli per riscaldamento/raffreddamento e sono quindi esclusi i consumi per trasporti che vengono considerati un obiettivo che dipende quasi esclusivamente da strumenti nella disponibilità dello Stato. Di conseguenza la parte di obiettivo nazionale del 17% ripartita tra le Regioni corrisponde ad un target ridotto al 14,3% (84,1% dello sforzo complessivo).

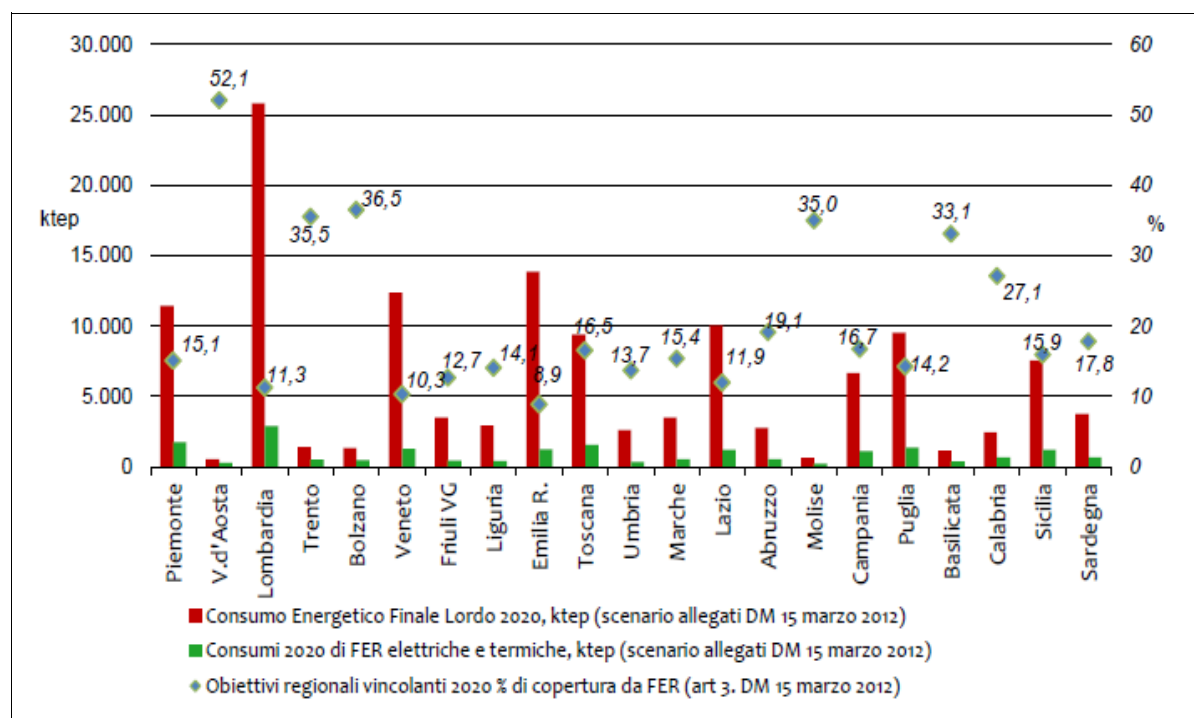
Gli obiettivi regionali 2020 complessivi per le rinnovabili elettriche e termiche sono riportati nella successiva Figura 1.3.5.1 Gli obiettivi percentuali sono quelli vincolanti fissati dal testo dell'articolo 3 del DM 15 marzo 2012, mentre i livelli assoluti di consumo di FER e di consumo finale lordo regionale, contenuti nell'allegato 1 dello stesso DM, e hanno solo valore indicativo.

In questo contesto, con obiettivi regionali obbligatori, la programmazione energetica regionale per lo sviluppo delle fonti rinnovabili assume un carattere di regolazione vincolante.

Come si può vedere dalla Tabella 1.3.5.2, al 31 dicembre 2013 solo la Provincia di Trento e la Sardegna hanno approvato un atto di indirizzo che recepisce compiutamente



l'obiettivo assegnato per il 2020. Alcune Regioni hanno avviato le procedure per l'adozione dei nuovi piani con gli obiettivi 2020 assegnati, procedure che includono la Valutazione Ambientale Strategica (VAS).



**Figura 1.3.5.1** Obiettivi regionali 2020 di copertura e consumo energetico finale da fonti rinnovabili (Ktep e %).

**Tabella 1.3.5.2** Programmazione energetica regionale e recepimento abiettivi DM 15 Marzo 2012 (assetto al 31/12/2013).

REGIONE	Atti di programmazione regionale per le fonti rinnovabili approvati prima del 2 aprile 2012	Atti di programmazione regionale per le fonti rinnovabili approvati dal 2 aprile 2012
Piemonte	DCR n.351-3642 03 02 2004 e DGR n.30-12221 28 09 2009	DGR n.19-4076 2 07 2012
Valle d'Aosta	DCR n.3146/11 03 04 2003	
Lombardia	DGR n.12467 21 03 2003 e DGR n.4916 15 06 2007	D.C.R. n.IX/532 24 07 2012
Bolzano	DGP n.7080 22 12 1997	
Trento	DGP n.2438 03 10 2003	DGP n. 775 03 05 2013
Veneto	DGR n.7 28 01 2005	DGR n. 1820 15 10 2013
Friuli Venezia Giulia	Decreto Presidente Regione n.0137/Pres 21 05 2007	
Liguria	DCR n.43 02 12 2003 e DCR n.3 03 02 2009)	
Emilia Romagna	DCR n.141 14 11 2007 e DCR n.50 26 07 2011	
Toscana	DCR n.47 08 07 2008	DGR n.27 23 12 2013
Umbria	DCR n.402 21 07 2004 e DGR n.903 29 07 2011	DGR n.1493 16 12 2013
Marche	DCR n.175 16 02 2005	
Lazio	DCR n.42 14 02 2001	
Abruzzo	DCR n.27/6 15 12 2009	
Molise	DCR n.117 10 07 2006	
Campania	DGR n.475 18 03 2009	
Puglia	DGR n.827 08 06 2007	DGR n.602 28 03 2012
Basilicata	Allegato LR n.1 19 01 2010	
Calabria	DCR n.315 14 02 2005	
Sicilia	DGR n.1 03/02/2009	
Sardegna	DGR n.34/13 02 08 2006 e DGR n.66/24 27 11 2008	DGR n.12/21 20 03 2012
Nella tabella sono evidenziati in neretto gli atti regionali di programmazione energetica approvati definitivamente.		

Sul tema della *governance* del settore energetico, molto significative sono le indicazioni contenute nella Strategia Energetica Nazionale, che indica tra le priorità l'obiettivo di migliorare il coordinamento tra Stato e Regioni in materia di funzioni legislative e tra Stato, Regioni ed enti locali per quelle amministrative, allo scopo di offrire un quadro di regole certe e una significativa semplificazione e accelerazione delle procedure autorizzative.

Il rapporto sulla regolazione regionale sviluppato mette a disposizione una serie di quadri di insieme a livello nazionale del comportamento delle Regioni nell'applicazione delle norme per l'autorizzazione degli impianti alimentati a fonti rinnovabili.

Il "*Burden Sharing*" regionale degli obiettivi nazionali al 2020 effettuato con il DM 15/3/2012 costituisce sicuramente un elemento necessario per il funzionamento delle politiche per le rinnovabili e l'efficienza energetica ma da solo non è sufficiente a superare le principali criticità che possono caratterizzare la *governance* istituzionale dell'intervento pubblico in questi settori con importanti ricadute in termini di efficacia ed efficienza rispetto agli obiettivi.

Alcune linee di azione che ci si può attendere verranno sempre più condivise e perseguite

per consolidare il processo di coordinamento e attuazione delle politiche italiane di sviluppo delle fonti rinnovabili, sembrano ad esempio essere le seguenti:

- miglioramento continuo della prassi di cooperazione interistituzionale, adeguata all'esercizio delle responsabilità nazionali e regionali in materia di politiche energetiche, nell'ottica dell'interesse generale del Paese;
- attuazione della seconda fase del "*Burden Sharing*" regionale, quella in cui le Regioni dovranno adeguare ai nuovi obiettivi regionali al 2020 i propri piani energetici regionali, da sottoporre a Valutazione Ambientale Strategica;
- promozione di strumenti condivisi di monitoraggio in itinere e valutazione di efficacia, efficienza e coerenza delle politiche di promozione delle fonti rinnovabili a livello delle responsabilità centrali, regionali e locali;
- sviluppo del monitoraggio sull'efficacia e la funzionalità di procedimenti e regimi autorizzativi di competenza di Regioni e enti locali;
- promozione di iniziative di verifica e scambio delle esperienze e formazione tra i soggetti responsabili dei procedimenti autorizzativi;
- sviluppo di una piattaforma informativa comune tra Stato, Regioni ed enti locali che possa assicurare, in modo uniforme, una adeguata informazione sulle politiche pubbliche a livello nazionale e regionale, sia in termini di programmi di sostegno, sia in termini di procedure e procedimenti autorizzativi.

La conoscenza e il monitoraggio costante del quadro della regolazione regionale sulle fonti rinnovabili può costituire un importante strumento conoscitivo condiviso di analisi, utile per far emergere valutazioni e iniziative necessarie per rendere più efficace ed efficiente la *governance* istituzionale in questo settore delle politiche pubbliche.

## 2. IL MINI IDROELETTRICO

Fino alla prima metà del XX secolo, in Europa furono realizzate migliaia di centrali idroelettriche di piccole dimensioni che hanno soddisfatto per molti anni i fabbisogni di diversi centri abitati, in particolare nelle zone rurali, e di piccole industrie spesso annesse direttamente alle centrali stesse. In seguito, la creazione di grandi reti di distribuzione dell'energia elettrica e l'aumento dei consumi energetici, hanno fatto sì che molti degli impianti cadessero in disuso a favore di nodi di produzione di grandi dimensioni (Bartle e Hallows 2005; Zeller 2010). Recentemente, prima in sordina e poi sempre più rapidamente, si è assistito ad un ritorno e in un certo senso a una rinascita di questa tecnologia che, rispetto alle grandi centrali, consente di realizzare impianti che vengono abitualmente considerati alla stregua di progetti amici dell'ambiente, messi a punto per produrre energia a emissioni zero (Kucukali e Baris 2009; Myronidis, Emmanouloudis e Arabatzis 2008; Ozturk e Kincay 2004; Pinho, Maia e Monterroso 2007) con limitati impatti sull'ambiente, in grado di operare con un alto rendimento di conversione dell'energia senza richiedere grandi opere di manutenzione e facilmente realizzabili sia in sistemi di utilizzo integrato delle risorse idriche sia in fase di recupero di vecchi edifici industriali o impianti in disuso (Kaldellis 2008; Silva e Souza 2008). È comunque possibile che i piccoli impianti idroelettrici, spesso inosservati agli occhi dei media e dell'opinione pubblica e quasi sempre localizzati in aree montuose di corsi d'acqua secondari, siano in grado di generare anche alcuni impatti ambientali significativi, in particolare sui valori e i caratteri estetici dei paesaggi locali e sugli equilibri degli habitat ecologici originari (Bonilla et al. 2010; Markard e Truffer 2006).

### 2.1 Classificazione

Per studiare, quantificare ed eventualmente tentare di modellare questa serie di impatti occorre innanzitutto gettare uno sguardo una pluralità di d'insieme su cosa si intenda per mini idroelettrico e su quali siano definite le principali caratteristiche di questi impianti. L'idroelettrico ha infatti diversi gradi di "piccolezza", e ad oggi ancora non esiste una definizione condivisa a livello internazionale di cosa significhi piccolo impianto idroelettrico. L'Organizzazione delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Industriale (UNIDO) ha redatto una classificazione degli impianti idroelettrici sulla base della potenza generata dalla centrale in condizioni nominali:

- **pico** centrali idroelettriche  $p < 5$  kW
- **micro** centrali idroelettriche  $p < 100$  kW
- **mini** centrali idroelettriche  $p < 1000$  kW
- **piccole** centrali idroelettriche  $p < 10000$  kW

- **grandi** centrali idroelettriche  $p > 10000$  kW

Le definizioni non sono comunque univoche e di paese in paese il limite superiore di questa categoria di impianti può variare da 2.5 fino anche a 25 MW, con un valore massimo comunemente accettato nella maggior parte dei casi che si aggira intorno ai 10 MW; in Italia l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas fissa la soglia degli impianti classificati come mini-idro a 1 MW. Nel gergo industriale tuttavia, con "mini" idroelettrico si indicano spesso anche impianti con potenza fino a 3 MW, con "micro" idroelettrico quelli con potenza fino a 500 kW e con "pico" idroelettrico quelli che non superano i 10 kW (Kirk 1999; Paish 2002b).

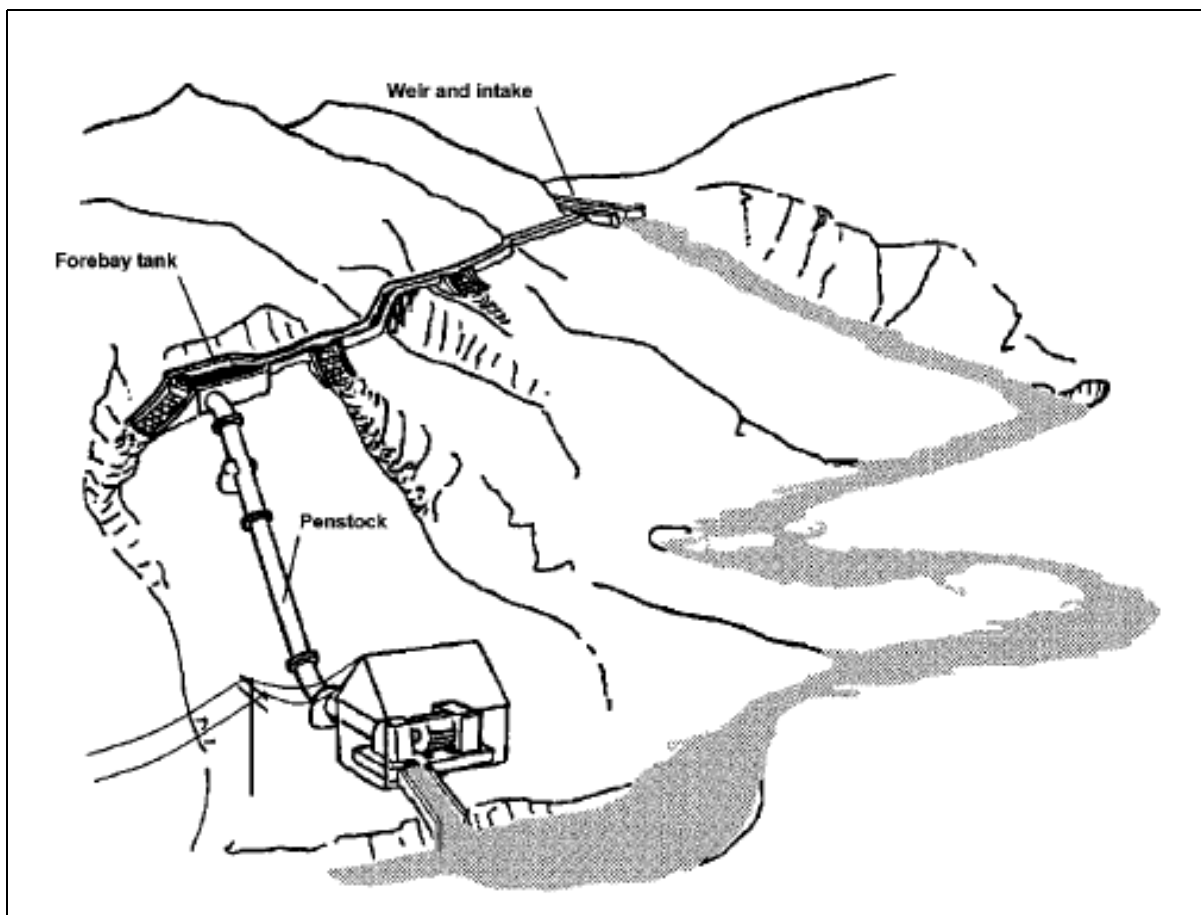
## 2.2 Principali tipi di impianto

I piccoli impianti idroelettrici possono essere di due tipi:

- ad acqua fluente; questo tipo di impianto di gran lunga il più comune, utilizza essenzialmente la portata del corso d'acqua così come si presenta durante l'intero arco del giorno o dell'anno. Molti impianti ad acqua fluente sono dotati di strutture di derivazione di altezza contenuta, nella maggior parte dei casi delle semplici traverse aventi la funzione di intercettare le portate in alveo per deviarne immediatamente una parte verso un canale di derivazione diretto all'edificio di centrale.
- con bacino di accumulo; questo secondo tipo di impianto ricorre a un serbatoio per l'accumulo della portata fluente, da utilizzare in un secondo tempo quando sia più conveniente.

La raccolta e la conservazione della risorsa idrica possono avvenire a loro volta attraverso:

- un semplice bacino di regolazione, in grado di fornire acqua dalle ore fuori picco a quelle di picco, per produrre energia in corrispondenza di basse portate o di domanda crescente;
- un vero e proprio serbatoio in grado di regimare maggiori volumi di portate entranti per consentire, ad esempio, il trasferimento di volumi d'acqua dalle stagioni più piovose a quelle più secche. Quest'ultima opzione è piuttosto comune e produttivamente conveniente quando un piccolo impianto integri al proprio interno anche differenti funzioni oltre quella prettamente idroelettrica. Le opere di sbarramento associate agli impianti con bacino di accumulo sono solitamente di dimensioni maggiori rispetto a quelle che caratterizzano gli impianti ad acqua fluente e possono presentare un'altezza che talvolta raggiunge anche una decina di metri, soprattutto se il bacino di accumulo così creato ha anche altre funzioni oltre a quella prettamente idroelettrica e può essere destinato ad esempio all'approvvigionamento idrico civile o agricolo. In Figura 2.2.1 è raffigurato lo schema tipico di un piccolo impianto idroelettrico.



**Fig. 2.2.1** Schema tipico di un piccolo impianto idroelettrico (Paish 2002b).

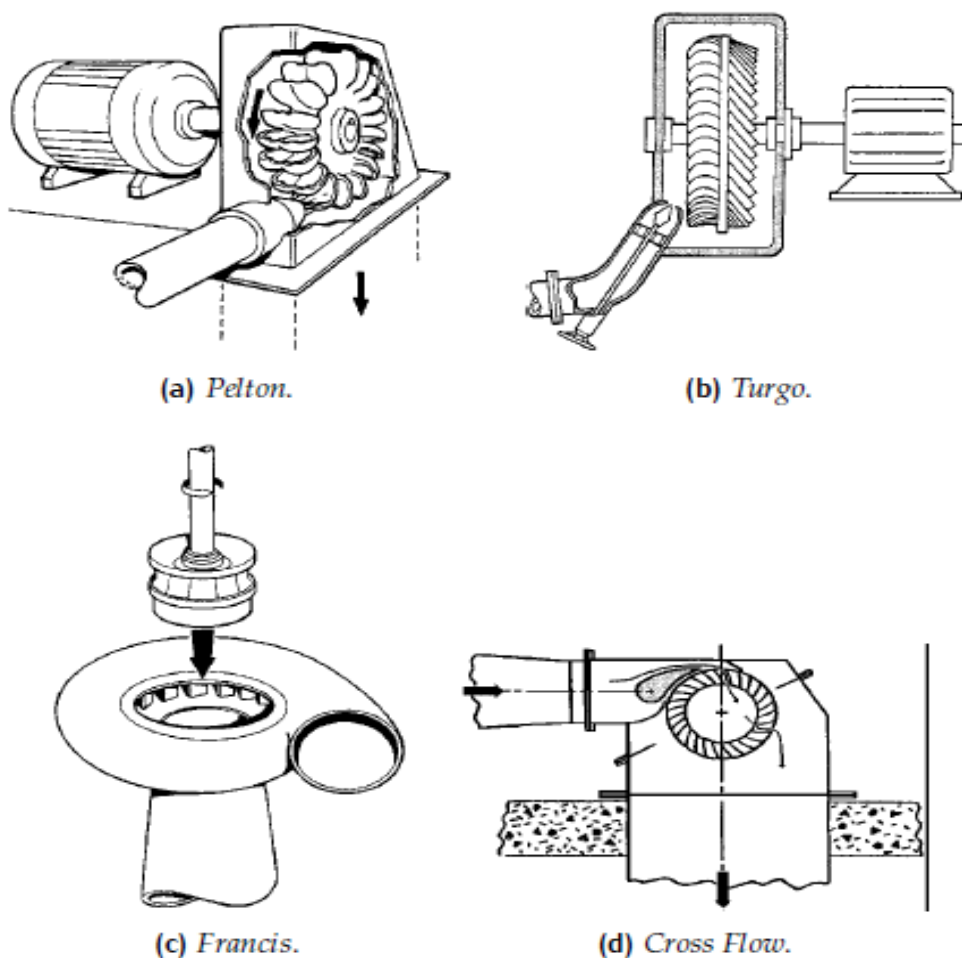
Quale che sia la tipologia e la dimensione dell'opera di derivazione di un impianto, essa non può non interrompere la continuità fluviale generando inoltre un'area di rigurgito e stagnazione verso monte (la cosiddetta backwater area) la cui estensione dipende sia dalle caratteristiche dell'opera stessa sia da quelle del territorio attraversato dal corso d'acqua. Oltre alle opere trasversali ed ai relativi appalti di scarico, quali sfioratori, paratoie o scarichi di fondo, un tipico piccolo impianto idroelettrico comprende anche il circuito di derivazione dell'acqua che collega la sezione di presa con l'edificio di centrale, e che è costituito in molti casi da un canale di carico all'aperto o in galleria, una vasca di calma e una condotta forzata; l'edificio di centrale, al cui interno l'energia dell'acqua è convertita in elettricità per mezzo di turbine e alternatori; un canale o una galleria di scarico che immette nuovamente l'acqua prelevata nell'alveo fluviale.

Una centrale idroelettrica è un sistema di macchinari idraulici ed elettrici, edifici e strutture di servizio. Il cuore della centrale è la turbina idraulica che ha il compito di convertire l'energia potenziale e cinetica dell'acqua in energia meccanica disponibile all'albero della turbina stessa. La trasformazione in energia elettrica è completata da un generatore elettrico. Le migliori turbine possono avere un'efficienza idraulica compresa

fra l'80 e il 90%, sebbene essa tenda a ridursi al diminuire della taglia della girante; i micro impianti idroelettrici di solito si assestano intorno a un valore di efficienza compreso fra il 60 e l'80% (Paish 2002b).

La scelta della turbina Fig. 2.2.2 più adatta a un particolare impianto è condizionata dalle caratteristiche del sito soprattutto dal salto e dalla portata disponibili, dalle velocità di esercizio degli alternatori e delle altre componenti elettromeccaniche collegate alla turbina, e dalla necessità o meno di produrre energia in presenza di portate inferiori a quelle di progetto (Anagnostopoulos e Papantonis 2007). Ogni turbina è caratterizzata da un preciso rapporto fra la velocità di rotazione e la propria efficienza, che condiziona di conseguenza la potenza che la turbina stessa è in grado di generare in relazione al contesto in cui si trova ad operare; ognuna di queste macchine quindi tenderà a funzionare al meglio in presenza di ben definite condizioni di velocità, carico e portate (Kirk 1999; Paish 2002b).

Gli impianti idroelettrici ad alta caduta sono generalmente quelli economicamente più vantaggiosi, poiché più è alto il carico disponibile, più bassa è la portata necessaria per raggiungere una prefissata produzione di energia, e conseguentemente più basso è anche il costo degli apparati tecnologici da installare (MacLeod, Moran e Spencer 2006). Per queste ragioni nelle zone di montagna anche i piccoli corsi d'acqua, se utilizzati da un impianto ad alta caduta, possono produrre quantitativi di energia significativi e a costi relativamente bassi, divenendo così economicamente attraenti. I siti con un alto potenziale in termini di carico disponibile tuttavia sono spesso situati in zone scarsamente popolate in cui la domanda di energia elettrica è piuttosto bassa; i costi di trasmissione dell'energia su lunghe distanze fino ai luoghi più popolati in cui si concentra la domanda, quindi, possono ridurre o annullare i benefici economici della produzione decentrata e diffusa dei piccoli impianti. I migliori siti con queste caratteristiche, inoltre, non sono estremamente numerosi, e molti di essi sono già stati sfruttati, almeno per quanto riguarda l'Europa (Sant'Anna e Sant'Anna 2008); la crescita della produzione di energia da piccoli impianti idroelettrici dovrà così passare soprattutto attraverso la costruzione di impianti a bassa caduta (Kaldellis, Vlachou e Korbakis 2005; Nachtnebel, Hanisch e Duckstein 1986; Paish 2002b).



**Fig.2.2.2.** Alcuni tipi di turbine utilizzate nei piccoli impianti idroelettrici (Paish 2002b)

Ad oggi molti siti caratterizzati da basso carico sono comunque scarsamente attraenti da un punto di vista economico, in particolare se confrontati con la classica produzione energetica da combustibili fossili, rimanendo così pressoché inutilizzati. Paradossalmente, alle attuali condizioni per l'attribuzione di finanziamenti e incentivi economici, un nuovo impianto idroelettrico produce un'energia piuttosto costosa, se si considera un tempo di rientro dell'investimento iniziale variabile fra i 6 e i 15 anni, sebbene un impianto in cui questa fase sia già terminata e che raramente richiede aggiornamenti tecnologici nei successivi 30 o 40 anni diventi estremamente competitivo nei confronti di altri tipi di centrale, avendo costi di esercizio e di manutenzione generalmente molto contenuti. Proprio queste caratteristiche infatti, conducono in molti casi a valutazioni economico-finanziarie di progetti idroelettrici che sconsigliano l'avvio dei progetti, complice una diffusa tendenza attuale a favorire investimenti in grado di produrre un guadagno immediato a scapito di una maggiore sicurezza sul lungo termine (Aslan, Arslan e Yasar 2008; Paish 2002b).



## **2.3 Idroelettrico e sviluppo sostenibile**

Negli ultimi due decenni si è registrata una rapida crescita nella domanda per i servizi energetici, in particolar modo da parte dei Paesi in via di sviluppo. L'energia è infatti universalmente considerata un fattore fondamentale per lo sviluppo economico e per la conseguente generazione di ricchezza. Contemporaneamente il rischio e la realtà di un accresciuto degrado ambientale sono diventati sempre più evidenti (Yuksel 2010). L'impatto ambientale delle attività umane è aumentato drammaticamente a causa della combinazione di diversi fattori quali la crescita della popolazione mondiale, dei consumi, delle attività industriali, ecc. A partire dagli anni '80 è nata perciò l'esigenza di dar vita a un nuovo modello di sviluppo economico sostenibile che incontrasse necessità e aspirazioni delle generazioni attuali, ma anche di quelle future, preservando quindi la qualità e la quantità del patrimonio ambientale e delle riserve naturali (Richard 2002).

È in questo contesto che Amory Lovins introduce i termini "hard paths" e "soft paths" per definire, rispettivamente, le "po-paths" litiche energetiche storiche o convenzionali e quelle future o quanto meno auspicabili (Abbasi e Abbasi 2000). Nel paradigma di Lovins gli "hard paths" denotano una produzione energetica da combustibili fossili, fissione nucleare o idroelettrico di grande taglia, fortemente centralizzata e incentivata, pianificata con lo scopo di soddisfare una domanda di energia crescente e spesso, in una visione a posteriori non del tutto efficiente. Secondo questa visione, la continua implementazione di tecnologie di questo tipo favorirebbe lo sviluppo di un'economia sempre più centralizzata e concentrata in mano a pochi e potenti attori che si rifletterebbe di conseguenza anche sulla struttura dell'intera società. Le politiche energetiche di tipo "soft" sono basate invece sullo sfruttamento dell'energia solare e di altre sorgenti rinnovabili. Orientamenti e tecnologie di questo tipo dovrebbero presumibilmente condurre verso un futuro in cui sistemi piccoli e decentralizzati costituiranno una porzione sempre crescente della produzione e dell'utilizzo di energia, caratterizzata da un'alta flessibilità e sostenibilità (Abbasi e Abbasi 2000). Il maggiore utilizzo delle energie rinnovabili è avvertito come un'esigenza sia per i Paesi industrializzati sia per quelli in via di sviluppo. I primi necessitano nel breve periodo di un uso più sostenibile delle risorse, di una riduzione delle proprie emissioni di gas serra (Jaliu et al. 2009) e dell'inquinamento atmosferico, di una diversificazione del mercato dell'energia e di una sicurezza di approvvigionamento energetico. Per i Paesi emergenti invece le energie rinnovabili rappresentano un'opportunità di sviluppo sostenibile e di accesso all'energia anche in zone remote, potendo essere sfruttate attraverso uno schema di produzione diffusa e localizzata nelle aree di effettivo consumo. Lo sviluppo sostenibile si traduce nella gestione e nella conservazione del patrimonio comune di risorse naturali e nell'orientamento delle trasformazioni tecnologiche e istituzionali in una

direzione capace di garantire il conseguimento e la continua soddisfazione dei bisogni umani attuali e delle future generazioni (Painuly 2001). Un simile concetto di sviluppo dovrebbe implicare la conservazione del territorio, dell'acqua e del patrimonio genetico animale e vegetale e non dovrebbe causare il degrado progressivo dell'ambiente (Balat 2007) e comporterebbe l'adozione di soluzioni tecniche appropriate e dovrebbe presentarsi come economicamente fattibile e socialmente accettabile (Dudhani, Sinha e Inamdar 2006). È lecito quindi chiedersi quanto le fonti di energia "soft" o rinnovabili siano davvero "people-friendly" e poco impattanti sull'ambiente, come generalmente si suppone che siano (Abbasi e Abbasi 2000; Kaygusuz 2002b; Truffer et al. 2001). Qual è il possibile impatto ambientale di un utilizzo continuo e diffuso a scala globale delle sorgenti di energia percepite come tra le più pulite e sostenibili? L'idroelettrico in questo senso, è una fonte di energia rinnovabile in grado di rispondere ad alcuni degli obiettivi globali di riduzione dell'inquinamento e degli impatti sull'ambiente ma svilupparne il potenziale residuo in modo veramente sostenibile pone una serie di sfide certamente non trascurabili (Baguenier 1998).

L'energia idroelettrica innanzitutto possiede sicuramente alcune caratteristiche positive, essendo disponibile per un ampio range di progetti di diversi tipi e scale e non comportando consumi e inquinamento; la produzione di elettricità dall'acqua infatti non implica l'emissione di reflui gassosi, radioattivi o solidi, ma soltanto di una lieve quantità di calore e rumore (Gleick 1992), sebbene all'interno dei grandi invasi possa talvolta verificarsi una sovrapproduzione di gas serra soprattutto metano da processi di putrefazione che vengono poi rilasciati in atmosfera. Nelle normali condizioni di funzionamento inoltre, gli impianti idroelettrici sono causa di una bassa mortalità pubblica e occupazionale, non hanno ricadute dirette sulla salute della popolazione quali ad esempio alterazioni genetiche, sono privi di risvolti industriali potenzialmente pericolosi, come la proliferazione o la diffusione delle armi nucleari, e sono scarsamente legati seppur con qualche eccezione in aree geografiche in cui più stati sono attraversati da uno stesso corso d'acqua, allo sviluppo di conflitti connessi alla detenzione di risorse strategiche come accade per il petrolio (Truffer et al. 2003). All'idroelettrico possono inoltre essere collegate infrastrutture e attività quali i sistemi di approvvigionamento dell'acqua potabile, i sistemi di regimazione delle acque, gli impianti di irrigazione per la produzione alimentare, le infrastrutture per la navigazione, le attrezzature ricreative e l'ecoturismo.

Gli impianti idroelettrici tuttavia, soprattutto se di grande taglia sono anche i sistemi di produzione energetica per i quali esiste il più alto numero di studi relativi agli impatti ambientali ad essi associati. C'è un generale accordo nell'imputare alle grandi centrali idroelettriche gli impatti ambientali di maggiore entità soprattutto per quanto riguarda la qualità delle acque e alcuni studi suggeriscono che esse possano addirittura

rappresentare da un punto di vista ecologico le più dannose fra tutte le possibili alternative di produzione energetica, basate su fonti rinnovabili e non (Abbasi e Abbasi 2000). Gli impatti maggiori causati dalle centrali idroelettriche si registrano in tutti e quattro gli habitat interessati dalla presenza di questa tipologia di impianti - il bacino idrografico a monte della centrale, il lago artificiale, il tratto di alveo fluviale sotteso fra la diga e la restituzione delle acque turbinate e il tratto di corso d'acqua a valle della restituzione stessa.

Gli impatti principali riguardano:

- l'alterazione temporale dei regimi di portate
- l'incremento dell'evapotraspirazione e delle perdite d'acqua per infiltrazione
- l'ostacolo al movimento degli organismi acquatici
- la stratificazione termica nel bacino di invaso
- le variazioni nella concentrazione dei sedimenti e dei nutrienti
- la perdita di habitat terrestri a favore di habitat lacustri creati artificialmente
- l'eutrofizzazione del lago e di porzioni dell'alveo a valle dello sbarramento
- l'alterazione del mix naturale di acque dolci e saline in prossimità della foce
- la deforestazione e la perdita di fauna selvatica
- la già citata produzione di gas serra nei laghi artificiali

Relativamente a quest'ultimo punto, alcuni autori giungono a suggerire che per unità di energia elettrica prodotta, le emissioni di gas serra di alcuni bacini idroelettrici possano essere confrontabili con quelle derivanti da centrali a combustibili fossili (Abbasi e Abbasi 2000). La lezione che proviene dall'esperienza con le grandi centrali idroelettriche, quindi, riguarda soprattutto la necessità di un'attenta valutazione dei possibili impatti ambientali dell'uso su larga scala di una qualsiasi altra tecnologia per la produzione di energia da anteporre ad una qualunque sua adozione incondizionata.

Per quanto riguarda il piccolo idroelettrico esso diviene economicamente competitivo con le centrali a combustibili fossili soprattutto nei casi in cui sia collocato in prossimità dei centri in cui si concentra la domanda di elettricità (Aggidis et al. 2010; Bohlen e Lewis 2009) ma diviene veramente sostenibile quando "internalizza" (cioè tiene completamente in considerazione) tutti i propri costi sociali e ambientali. Tra le caratteristiche che lo rendono particolarmente attraente soprattutto nei paesi in via di sviluppo, vi è innanzitutto l'elevata flessibilità che permette a questo tipo di impianti di rispondere immediatamente alla fluttuante richiesta di elettricità (Mohammadabad e Riordan 2000; Partl 1983; Williams e Simpson 2009). Il piccolo idroelettrico inoltre consente una agevole programmazione della produzione dell'energia in funzione della disponibilità della risorsa idrica e in presenza di piccoli bacini di stoccaggio può rappresentare il modo più efficiente ed economico di supportare la produzione derivante da altre risorse rinnovabili

intermittenti quali il vento o l'energia solare (Rojanamon, Chaisomphob e Bureekul 2009; Yuksel 2010) per non parlare della facilità con cui rende possibile l'elettrificazione locale e diffusa su territori molto estesi e difficilmente raggiungibili dalle grandi linee di distribuzione nazionale (Hosseini, Forouzbakhsh e Rahimpour 2005).

In Cina, Paese leader nello sfruttamento del piccolo idroelettrico, sono ad esempio installate circa 100000 turbine per la produzione di energia elettrica nelle zone rurali e si stima che in alcuni paesi che trarrebbero grandi benefici dalla costruzione di una rete diffusa di piccoli centri di produzione (quali Nepal, Papua Nuova Guinea e alcune nazioni dell'America Latina) il potenziale di sviluppo del piccolo idroelettrico (Kaldellis 2007; Kaundinya, Balachandra e Ravindranath 2009), grazie all'orografia particolarmente favorevole, sia addirittura superiore all'intera capacità di produzione che questi stessi Paesi già possiedono grazie allo sfruttamento di altre fonti di energia (Abbasi e Abbasi 2000; Yi, Lee e Shim 2010).

I problemi derivanti da un approccio diffuso allo sfruttamento idroelettrico sono comunque numerosi e potrebbero essere non meno seri per kilowatt generato, di quelli connessi ai grandi impianti di tipo centralizzato (Bakis e Demirbas 2004). Tra i fattori da prendere in considerazione in un eventuale confronto bisognerebbe considerare il tratto di habitat fluviale direttamente interessato dall'alterazione o dall'interruzione del regime naturale delle portate, le barriere che si oppongono alla migrazione longitudinale della fauna acquatica, l'eventuale perdita di acqua per evaporazione nei grandi o piccoli bacini di invaso, la qualità dell'habitat nella porzione di fiume sottesa alla derivazione, la quantità di infrastrutture necessarie a una centrale, quali le strade di accesso. I problemi di interrimento e di eutrofizzazione comuni nei serbatoi di maggiori dimensioni potrebbero presentarsi in modo addirittura più serio nei bacini più piccoli e meno profondi che talvolta sono associati ai mini o micro impianti idroelettrici. Per quanto poi, secondo il parere di alcuni autori (Dudhani, Sinha e Inamdar 2006; Jaliu et al. 2009; Yuksel 2010), lo sviluppo del piccolo idroelettrico giochi un ruolo chiave nella riduzione delle emissioni di anidride carbonica direttamente dipendenti dalle attività di produzione dell'energia, non è possibile trascurare che le emissioni di gas serra potrebbero verificarsi anche in corrispondenza di piccoli invasi, che spesso si presentano non troppo dissimili agli ecosistemi palustri da cui è ormai accertata la provenienza di un contributo sostanziale alle emissioni di metano. Se il mini idroelettrico abbia o no gli stessi impatti ambientali ormai riconosciuti, ai grandi impianti resta ad oggi un dibattito aperto (Gleick 1992); ad ogni modo, le cause delle possibili future ripercussioni negative di questi sistemi di produzione di energia non dovranno essere cercate nei sistemi in sé qualora non venisse effettuata, nella mancanza di una approfondita previsione dei loro effetti sugli ecosistemi da anteporre a una loro adozione incondizionata e scarsamente consapevole (Abbasi e Abbasi 2000; Fullerton et al. 2009; Tsoutsos, Maria e Mathioudakis 2007; Varun, Prakash

e Bhat 2009).

## **2.4 Gli impatti ambientali**

Una nuova fase di diffusione del mini idroelettrico dovrà anche affrontare un numero piuttosto elevato di barriere istituzionali e ambientali da superare prima di poter ottenere il permesso di avviare il progetto e la realizzazione di una nuova centrale. La maggiore consapevolezza della limitatezza delle risorse e della necessità di un loro sfruttamento sostenibile e in equilibrio con i processi che assicurano la sopravvivenza degli ecosistemi infatti suggerisce tanto nelle amministrazioni locali quanto nell'opinione pubblica l'adozione di un atteggiamento prudente nei confronti di adesioni incondizionate ai diversi modelli di sfruttamento energetico. La più che legittima volontà di indagare i potenziali effetti negativi legati a nuove modalità di sfruttamento delle risorse anche di quelle cosiddette rinnovabili potrebbe tuttavia condurre, in assenza di strumenti valutativi e decisionali sufficientemente agili e trasparenti a una vera e propria stagnazione di questo settore dell'industria, sia in Italia sia in altri paesi europei ponendo il problema di coniugare in modi efficaci sviluppo economico e tutela dell'ambiente. Nell'ambito dello sfruttamento idroelettrico i proponenti un progetto devono oggi investire una quantità molto consistente di risorse in analisi dettagliate e in misure costose per prevenire effetti indesiderati sulla pesca, devono affrontare una serie di conflitti che potrebbero instaurarsi con gli altri portatori di interessi localizzati lungo il fiume e devono provare che non causeranno impatti negativi all'alveo e alle sponde del fiume alla flora e alla fauna e ad altri elementi del territorio e degli ecosistemi. I fiumi infatti sono l'ambiente naturale maggiormente modificato dall'attività dell'uomo nei secoli (Allan 2007). Questo è particolarmente evidente in Italia dove rispetto a molti altri paesi europei ed extraeuropei, esiste una plurimillennaria storia di urbanizzazione e gestione del territorio. Le alterazioni morfologiche ed idrologiche sembrano spesso concentrate nelle aree più urbanizzate del nostro paese, ma in realtà interessano gran parte degli ambienti fluviali, anche nelle aree più isolate: ad esempio, (Bombino et al. 2007) riportano che il 75% del reticolo superficiale dei monti della Calabria meridionale è ormai caratterizzato dalla presenza di strutture artificiali di controllo e gestione. Il problema dell'alterazione morfo-idrologica dei sistemi fluviali è estremamente complesso e legato ad una serie di fattori che agiscono a differente scala: dal cambiamento climatico globale, con la riduzione delle precipitazioni e l'aumento delle temperature e dell'evapotraspirazione, all'incremento del consumo idrico a fini irrigui, alla proliferazione di dighe, invasi artificiali e impianti con finalità idroelettriche (Lehner e Weissbach 2009). In Figura 2.4.1 è raffigurata la catena degli eventi di disturbo che influisce sul corridoio fluviale e genera una catena causale di alterazioni strutturali e funzionali del corridoio stesso.



**Fig. 2.4.1.** Catena di eventi in cui un'azione di disturbo che influisce sul corridoio fluviale genera una catena causale di alterazioni strutturali e funzionali del corridoio stesso (FISRWG 1998).

A livello mondiale è stato stimato che tra il 1960 ed il 2000 il volume delle acque legate ad invasi artificiali è quadruplicato con il risultato che la quantità di acqua trattenuta da dighe artificiali è stimata in tre/sei volte la quantità di acqua che scorre liberamente nei fiumi (Assessment 2005). Attualmente la maggior parte degli studi inerenti l'impatto ecologico dell'idroelettrico ha riguardato impianti medio-grandi che intercettano il flusso di bacini idrografici di cospicue dimensioni. Il potenziale impatto sul biota fluviale dal punto di vista non solo strutturale ma anche funzionale di questi impianti è tale che (Statzner et al. 2001) lo utilizzano come esempio paradigmatico di alterazione, assieme all'immissione di acque di scarico non depurate. La realizzazione di dighe costituisce uno dei più diffusi e importanti elementi di alterazione delle caratteristiche morfo-idrologiche dei sistemi fluviali. In tutto il mondo si stima che siano circa 52.000 grandi dighe. Nei soli Stati Uniti sono state censite 75.000 dighe di dimensioni medie e oltre due milioni e mezzo di piccole dighe (Cushing 2001). Le dighe hanno un profondo impatto sia sul tratto a valle dell'opera sia su quello a monte; esse alterano il regime idrico favorendo un aumento degli estremi di portata (Cereghino, Cugny e Lavandier 2002), l'andamento delle temperature (Frutiger 2004a,b), il tasso di sedimentazione e di erosione naturale. Nei grandi impianti il rilascio di acque profonde asporta materiale dall'ipolimnio, generalmente ipossico o anossico, causando pericolose riduzioni dell'ossigeno disciolto nei tratti a valle (Ward 1987). Inoltre le dighe frammentano i sistemi fluviali, isolando le popolazioni vegetali e animali interrompendo quindi la continuità biologica e genetica dell'intero sistema lotico. I grandi impianti idroelettrici ed i loro invasi sono inoltre

responsabili di alterazioni micro-climatiche che agiscono a livello locale, selezionando per esempio la vegetazione (Doing 1997). Alcuni studi hanno infatti rilevato come la costruzione di grandi dighe possa alterare in modo significativo il popolamento vegetazionale dei tratti fluviali interessati, specialmente nei tratti posti a monte delle opere (Sparks 1995). Alcuni recenti studi hanno inoltre sottolineato un aspetto della pericolosità delle dighe tanto importante quanto sinora trascurato, legato alla produzione di gas serra da parte dei grandi bacini di acqua creatisi con le dighe idroelettriche (IRN 2006). Particolari problemi sono poi connessi alle operazioni di manutenzione degli impianti di ogni dimensione. Tutte queste alterazioni morfo-idrologiche possono avere importanti ripercussioni sia sulle dinamiche funzionali (alterazione delle modalità di accumulo e degradazione della sostanza organica alloctona e della produttività primaria interna, con conseguente cambiamento della composizione in gruppi trofici funzionali delle comunità macrobentoniche; alterazioni delle reti trofiche. Power, Dietrich e Finlay 1996; Power et al. 1995) sia sulla composizione biologica delle cenosi lotiche, ad esempio attraverso la riduzione della diversità biologica e della ricchezza tassonomica delle comunità, alterazione dei cicli vitali di numerose specie (López-Rodriguez 2009). Un ulteriore aspetto del problema è costituito dalla scala temporale nella quale si possono sviluppare gli impatti ecologici dei grandi impianti idroelettrici: anche se le grandi centrali ed i loro invasi sono progettati per avere, e in alcuni casi ormai hanno, una vita anche superiore al secolo e la stragrande maggioranza degli studi ecologici si basa su raccolte di dati che durano due-tre anni solamente (Vinson 2001). Per analizzare, prevedere e mitigare efficacemente l'impatto ecologico di queste strutture servono indubbiamente studi su lunghi periodi. Gli impatti ambientali di un impianto idroelettrico tuttavia, non investono solo i processi ecologici della porzione di territorio in cui l'impianto stesso viene costruito; in questi casi, le scale spaziali e temporali che caratterizzano il manifestarsi di questi impatti possono anche variare sensibilmente. Un esempio è quello del rumore prodotto dalle attività di generazione elettrica; sia che si tratti di impianti di grandi dimensioni sia che si considerino installazioni di taglia più piccola, infatti l'inquinamento acustico proveniente da una centrale è un aspetto del funzionamento di una centrale idroelettrica che non può essere trascurato (Tibone et al. 2009). Esso dipende prevalentemente dalle turbine e dagli eventuali meccanismi di moltiplicazione dei giri; attualmente il rumore può essere ridotto fino a 70 dB (A) all'interno della centrale e fino a livelli quasi impercettibili all'esterno. Ad esempio l'impianto di Fiskbey 1 a Norrköping, in Svezia, fa registrare una rumorosità interna a pieno carico di 80 dB (A) e di 40 dB (A) all'esterno a 100 m di distanza, ampiamente accettabile. La rumorosità è quindi, per quanto non trascurabile, una questione facilmente risolvibile, sebbene possa risultare difficile o impossibile mitigarla durante la fase di costruzione di un impianto. Per quanto riguarda l'integrazione paesaggistica, la pubblica opinione è spesso riluttante ad accettare

l'installazione di impianti che modifichino le caratteristiche visuali dei siti, in particolar modo se si tratta di impianti idroelettrici d'alta quota o inseriti in un centro urbano. Per quanto riguarda i grossi impianti a bacino, l'impatto visivo è evidente e difficilmente mascherabile ed in questo caso è necessaria una attenta valutazione dell'impatto dell'impianto sul territorio, valutando anche una possibile valorizzazione estetica, sociale e ricreativa che può essere data a questi impianti soprattutto in corrispondenza dei nuovi ecosistemi lacustri che creano (Recep Bakis 2007). Ognuno degli elementi di un impianto (opere di presa, sbarramento, centrale, opere di restituzione, sottostazione elettrica) può sollevare problemi di integrazione paesaggistica e visuale del sito. Per diminuire questi impatti si possono mascherare alcuni di questi elementi mediante la vegetazione, usare colori che meglio si integrino con quelli del paesaggio ed eventualmente costruire nel sottosuolo una parte degli impianti (ad esempio la centrale o le condotte forzate), per quanto quest'ultima opzione nella maggior parte dei casi si scontri con maggiori impatti ambientali prodotti durante la fase di costruzione, che non sempre condividono la natura transitoria del cantiere. Proprio in relazione a quest'ultimo aspetto, i lavori di costruzione che devono avvenire in alveo (sia per impianti di grandi dimensioni sia per impianti di potenza più ridotta) provocano un elevato impatto sulla comunità macrobentonica, a causa della scarsa possibilità di movimento degli organismi che non possono sottrarsi all'alterazione del proprio habitat. I danni sono causati dalla movimentazione e dalle operazioni dei mezzi di cantiere che, depositando il materiale sul fondo, causano l'intorbidimento delle acque (tanto più grave quanto più è continuativo e prolungato). Tale fenomeno si ripercuote a valle per un tratto di ampiezza variabile in relazione alle caratteristiche del corso d'acqua ed alla granulometria del materiale movimentato. Il trasporto interessa tratti più ampi se viene mobilitato materiale fine poiché esso rimane più a lungo in sospensione. L'inerte di piccola granulometria (Sear 1993) provoca un danno sensibile, oltre che ai macroinvertebrati, anche alla fauna ittica. Le particelle in sospensione, infatti, provocano danni agli organi respiratori degli organismi acquatici (branchie ed opercoli), che risultano particolarmente vulnerabili all'abrasione. Occorre infine considerare che gli impatti di qualsivoglia natura, esercitano un danno tanto più elevato quanto maggiore è la biodiversità degli habitat interessati; le comunità ittiche più a valle, relativamente più complesse di quelle presenti in ambito montano, risultano più sensibili e vulnerabili. Ne consegue che in tali ambiti è indispensabile adottare tutte le possibili forme di mitigazione degli effetti negativi sulle popolazioni ittiche. Sebbene talvolta i tempi e i costi per superare le procedure di approvazione possano diventare così lunghi e onerosi da rendere di fatto il progetto irrealizzabile (Fullerton et al. 2009), è comunque quasi sempre possibile mitigare gli impatti di un nuovo impianto adottando di volta in volta, adeguate soluzioni progettuali calate sulle caratteristiche del caso specifico (Paish 2002b). È proprio in relazione a ciò che risulta utile ricordare come l'intera area



influenzata dalla presenza di un piccolo impianto possa estendersi ben oltre la somma delle aree occupate dalle strutture di centrale e dalle annesse opere civili. È molto importante infatti considerare attentamente la sezione di presa, il tratto di corso d'acqua (il cosiddetto tratto sotteso) compreso fra la traversa o la diga e il termine del canale di restituzione, e l'area immediatamente a valle di quest'ultimo. Alcune porzioni di terreno, infine, vengono occupate da sottostazioni, linee di trasmissione e da strade di accesso al sito della centrale (Pinho, Maia e Monterroso 2007). Nella tabella seguente (Pinho, Maia e Monterroso 2007) vengono elencati in forma sintetica i possibili impatti imputabili alle fasi di costruzione, esercizio e dismissione di un piccolo impianto idroelettrico, raggruppate in funzione delle aree nelle quali possono registrarsi e associati agli obiettivi più sensibili sui quali viene esercitata la loro azione.

**Tabella 2.4.1** Possibili impatti imputabili alle fasi di costruzione, esercizio e dismissione di un piccolo impianto idroelettrico, raggruppate in funzione delle aree nelle quali possono registrarsi e associati agli obiettivi più sensibili sui quali viene esercitata la loro azione.

Area	Obiettivo	Impatti	Fasi
Zona di stagnazione	CL, FFT	Perdita di vegetazione/deforestazione	C/E
	FFA, FFT	Variazioni del regime delle portate del fiume (basse velocità)	E
	FFA	Eutrofizzazione, variazioni della temperatura dell'acqua	E
	CL, FFA, FFT	Erosione delle sponde fluviali	E
	CL, FFT	Cambiamenti climatici minori e locali	E
Diga o traversa	CL, FFA, FFT	Interruzione della continuità fluviale	C/E
	CL, FFA, FFT	Rumore	C/E
	CL, FFA, FFT	Movimenti del terreno/Alterazioni della morfologia del paesaggio	C/E
	CL	Impatto (ostruzione) visivo	E

Area	Obiettivo	Impatti	Fasi
	CL, FFA	Variazioni del regime delle portate (es. da assenza di picchi a picchi orari, o stagionali)	E
	CL	Rischio di inondazione artificiale (a seconda dell'altezza della diga o dello sbarramento)	E
	CL, FFA	Interruzione del trasporto solido (al fondo)	E
	CL, FFA, FFT	Variazioni morfologiche di sponde e argini	E
	CL, FFA, FFT	Aree abbandonate/degrado ambientale	D
Sezione di presa	FFA	Deviazione del corso del fiume/alterazione del regime fluviale naturale	E
Canale di carico o condotta forzata	CL, FFT	Alterazioni della morfologia del paesaggio	C/E
	CL, FFT	Instabilità geologica	C/E
	CL	Impatto visivo (canali di carico)	E
	CL	Perdite d'acqua (difficili da individuare, canali di carico sotterranei)	E
Edificio della centrale	CL, FFT	Rumore (localizzato)	C/E
	CL	Intrusione visiva	C/E
	CL, FFT	Movimenti del terreno/Morfologia del paesaggio	C/E
Canale di scarico	CL, FFA, FFT	Movimenti del terreno/Morfologia del paesaggio	C/E
Zona di restituzione	FFA	Aumento della torbidità dell'acqua	C/E
	CL, FFA	Erosione delle sponde fluviali	E
	FFA	Alterazione del regime fluviale naturale	E
Allargamento di strade esistenti	CL, FFT	Movimenti del terreno/Morfologia del paesaggio	C/E
	CL	Intrusione visiva	E
Strade o capanne di cantiere	FFT	Disturbo della fauna causato dal traffico	C/E
	CL	Intrusione visiva	E
Linee di trasmissione	CL, FFT	Taglio di alberi/Deforestazione	C
	FFT	Ostacoli per i volatili	C/E
	CL, FFT	Creazione di campi magnetici	E
	CL	Intrusione visiva (linee aeree)	E
	CL	Occupazione del suolo	E
Generale	CL, FFT	Instabilità geologica	C
	CL, FFA	Inquinamento delle acque	C
	CL	Riduzione delle emissioni gassose	E
	CL	Strutture e componenti delle centrali abbandonate	D
	CL	Restauro dell'originario regime fluviale	D

Sebbene molti degli sforzi tecnici per lo sviluppo del piccolo idroelettrico si siano concentrati recentemente su misure in grado di accrescerne il rapporto fra efficienza e costi di realizzazione e non è raro che anche sul fronte degli impatti ambientali (in senso lato) queste innovazioni possano anche presentare ricadute positive (Bard 2008; DengHua et al. 2009; Giudice e La Rosa 2009; Klimpt et al. 2002; Krause 1986; Lenzen 2010). Tra di esse si possono ricordare principalmente:

- Uso innovativo delle opere civili esistenti: molti progetti eliminano la maggior parte dei costi di costruzione delle opere civili utilizzando intelligentemente strutture che eventualmente già si possono trovare sul sito di un nuovo impianto (come nel caso della riconversione di vecchi mulini) e adottando soluzioni tecniche particolari, quali le turbine a sifone (Ogayar, Vidal e Hernandez 2009).
- Velocità di esercizio variabile per turbine a basso carico: i recenti sviluppi nel campo dei controlli elettronici consentono alle turbine e agli alternatori di operare a diverse velocità.
- Controllo elettronico e telemetria: permettono il controllo remoto e un funzionamento più flessibile dell'impianto (Bishwakarma e Stole 2008; Jacquemmoz e Tironi 1999; Keil 2008).
- Ottimizzazione computerizzata dei piccoli impianti: consente un dimensionamento più accurato e razionale dei sistemi, per massimizzare il ritorno economico di un impianto piuttosto che la sua resa in termini energetici (Doolla e Bhatti 2007; Dudhani, Sinha e Inamdar 2006).
- Traverse gonfiabili: traverse gonfiabili o riempibili con acqua vengono utilizzate per innalzare il carico disponibile in siti caratterizzati da basse cadute, e possono essere sgonfiate per consentire il deflusso delle portate sia in condizioni normali sia nei momenti di piena.
- Tecniche migliorate per impedire interferenze o danni alla fauna ittica: una delle obiezioni più comuni rivolte ai nuovi piccoli impianti idroelettrici riguarda i possibili danni fisici che essi potrebbero causare alla fauna ittica. Nuovi tipi di scale di risalita e barriere fisiche o agli ultrasuoni potrebbero rappresentare soluzioni facilmente implementabili anche da un punto di vista economico (Becker et al. 2009; Boubée e Williams 2006; Gosset et al. 2005; Travade, Gouyou e De Faveri 1999).

### **3 IL PIANO AUTORIZZATIVO PER LA COSTRUZIONE DI PICCOLE CENTRALI**

#### **3.1 Il Contesto**

Nel Piano di Azione Nazionale per le fonti rinnovabili inviato a luglio 2010 dall'Italia alla Commissione Europea in adempimento a quanto previsto dalla Direttiva 2009/28/CE (Direttiva Fonti Rinnovabili), è stata messa in luce la complessità del quadro legislativo italiano in materia di "Energia" e "Autorizzazioni". La riforma del Titolo V della Costituzione avvenuta nel 2001 e la delega di molte competenze agli Enti locali hanno comportato un'elevata frammentazione del contesto normativo che ha rallentato di fatto la diffusione degli impianti alimentati a fonti rinnovabili in Italia.

Le Linee Guida Nazionali previste dall'articolo 12 del D.Lgs. n. 387/2003 e approvate nel 2010 hanno costituito lo strumento chiave per dare nuova congruenza al quadro legislativo. Il citato documento infatti, ha obbligato le Regioni ad adeguare entro gennaio 2011 la propria disciplina in materia di "Autorizzazioni", salvo applicare direttamente quanto previsto nel documento nazionale decorso tale termine.

L'approvazione del Decreto Legislativo 28/2011 di recepimento della Direttiva Fonti Rinnovabili ha contribuito alla ulteriore ridefinizione del contesto normativo di settore. Al fine di rendere le procedure autorizzative *proporzionate e necessarie*, nonché *semplificate e accelerate al livello amministrativo adeguato* così come richiesto dal dettato europeo, sono state ridisegnate le procedure e gli iter autorizzativi per la realizzazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili.

L'auspicio è che questo nuovo quadro normativo possa favorire uno sviluppo delle rinnovabili sul territorio nazionale tale da consentire all'Italia di rispettare gli obiettivi imposti dalla Direttiva 2009/28/CE.

#### **3.2 Le Linee Guida nazionali e il D.Lgs. 28/2011**

Il D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 prevedeva all'articolo 12 comma 10, l'approvazione in Conferenza Unificata, su proposta del Ministro dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e del Ministro per i Beni e le Attività Culturali, di apposite Linee Guida per lo svolgimento del procedimento di autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica.

Nelle Linee Guida è stato stabilito l'elenco degli atti che rappresentano i contenuti minimi indispensabili per superare positivamente l'iter autorizzativo e vengono chiarite le procedure che ogni impianto, in base alla fonte e alla potenza installata deve affrontare per ottenere l'autorizzazione.

Il Decreto Legislativo 28/2011 entrato in vigore a fine marzo, modifica e integra quanto

già stabilito dalle Linee Guida in merito agli iter procedurali per l'installazione degli impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili. I singoli interventi, a seconda della taglia e della potenza installata, possono essere sottoposti a Comunicazione, Procedura Abilitativa Semplificata (P.A.S.) o Autorizzazione Unica (A.U.) come sintetizzato nella tabella 3.2.1. Le autorizzazioni indicate dovranno essere corredate, laddove necessario, da tutti i provvedimenti di concessione, autorizzazione, valutazione di impatto ambientale e paesaggistico, ecc.

**Tabella 3.2.1.** Interventi soggetti a Comunicazione, Procedura Abilitativa Semplificata (P.A.S.) o Autorizzazione Unica (A.U.)

Fonte	Modalità Operative/ di Installazione	Potenza (kW)	Procedura prevista
FOTOVOLTAICA	<b>Impianti aderenti o integrati nei tetti degli edifici.</b> Gli impianti devono avere la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda ed i loro componenti non devono modificare la sagoma degli edifici stessi. Inoltre, la superficie dell'impianto non deve essere superiore a quella del tetto sul quale viene realizzato e l'impianto non deve ricadere nel campo di applicazione del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.)	Qualsiasi	COMUNICAZIONE
	<b>Impianti compatibili con il regime di SSP<sup>3</sup> non situati nei centri storici</b> (zona A del P.R.G. comunale) realizzati su superfici esistenti o loro pertinenze	Qualsiasi	COMUNICAZIONE
	<b>Impianti con moduli sugli edifici con superficie complessiva non superiore a quella del tetto</b> non ricadenti nei casi precedenti	Qualsiasi	PAS
	<b>Impianti al di sotto della soglia ex tab. A D.Lgs. 387/2003</b> non ricadenti nei casi precedenti	0 - 20	PAS
BIOMASSA	<b>Impianti operanti in assetto cogenerativo fino a 50 kWe</b> (micro cogenerazione)	0 - 50	COMUNICAZIONE
	<b>Impianti compatibili con il regime di SSP</b> non ricadenti nel caso precedente che non alterano i volumi, le superfici, le destinazioni l'uso, il numero delle unità immobiliari, non implicano incremento dei parametri urbanistici e non riguardano le parti strutturali dell'edificio	Qualsiasi	COMUNICAZIONE
	<b>Impianti operanti in assetto cogenerativo fino a 1000 kWe = 3000 kWt</b> (piccola cogenerazione) non ricadenti nei casi precedenti	50 - 1000	PAS
	<b>Impianti al di sotto della soglia ex tab. A D.Lgs. 387/2003</b> non ricadenti nei casi precedenti	0 - 200	PAS
GAS DI DISCARICA, GAS RESIDUATI DAI PROCESSI DI DEPURAZIONE E BIOGAS	<b>Impianti operanti in assetto cogenerativo fino a 50 kWe</b> (micro cogenerazione)	0 - 50	COMUNICAZIONE
	<b>Impianti compatibili con il regime di SSP</b> non ricadenti nel caso precedente che non alterano i volumi, le superfici, le destinazioni l'uso, il numero delle unità immobiliari, non implicano incremento dei parametri urbanistici e non riguardano le parti strutturali dell'edificio	Qualsiasi	COMUNICAZIONE
	<b>Impianti operanti in assetto cogenerativo fino a 1000 kWe = 3000 kWt</b> (piccola cogenerazione) non ricadenti nei due casi precedenti	50 - 1000	PAS
	<b>Impianti al di sotto della soglia ex tab. A D.Lgs. 387/2003</b> non ricadenti nei casi precedenti	0 - 250	PAS
EOLICA	<b>Singoli generatori eolici installati su tetti di edifici esistenti</b> con altezza complessiva non superiore a 1,5 metri e diametro non superiore a 1 metro. L'impianto non deve ricadere nel campo di applicazione del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.)	Qualsiasi	COMUNICAZIONE
	<b>Torri anemometriche per la misurazione temporanea (fino a 36 mesi) del vento</b> realizzate con strutture amovibili, in aree non soggette a vincolo	Qualsiasi	COMUNICAZIONE
	<b>Impianti al di sotto della soglia ex tab. A D.Lgs. 387/2003</b> non ricadenti nel primo caso	0 - 60	PAS
	<b>Torri anemometriche destinata ad una misurazione del vento oltre 36 mesi</b>	Qualsiasi	PAS
IDRAULICA	<b>Impianti compatibili con il regime di SSP</b> che non alterano i volumi, le superfici, le destinazioni l'uso, il numero delle unità immobiliari, non implicano incremento dei parametri urbanistici e non riguardano le parti strutturali dell'edificio	Qualsiasi	COMUNICAZIONE
	<b>Impianti al di sotto della soglia ex tab. A D.Lgs. 387/2003</b> non ricadenti nel punto precedente	0 - 100	PAS

### 3.3 La Comunicazione al Comune

La comunicazione al Comune è il titolo autorizzativo previsto dalla normativa vigente per l'installazione di impianti assimilabili ad "*attività edilizia libera*". Introdotta dal D.Lgs. 115/2008 per semplificare l'iter autorizzativo di alcune tipologie di piccoli impianti a fonti rinnovabili, la Comunicazione ha ampliato il suo campo d'azione con l'approvazione della Legge 73/2010 di conversione del D.L. 40/2010. Attualmente è sufficiente la presentazione della semplice comunicazione dell'inizio dei lavori, da parte dei soggetti interessati (laddove possibile, per via telematica), al Comune per la realizzazione degli impianti con le seguenti caratteristiche:

- singoli generatori eolici con altezza complessiva non superiore a 1,5 metri e diametro non superiore a 1 metro;
- impianti solari termici o fotovoltaici aderenti o integrati nei tetti degli edifici con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda e i cui componenti non modificano la sagoma degli edifici stessi, fatta salva l'applicazione delle disposizioni del Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs. 42/2004) nei casi previsti;
- unità di microcogenerazione ad alto rendimento di potenza non superiore a 50 kW elettrici (Articolo 27, comma 20, della legge 99/2009);
- torri anemometriche realizzate mediante strutture mobili, semifisse o comunque amovibili su aree non soggette a vincolo o a tutela finalizzate alla misurazione temporanea del vento (fino a 36 mesi, entro un mese dalla conclusione il soggetto titolare deve rimuovere le apparecchiature ripristinando lo stato dei luoghi), a condizione che vi sia il consenso del proprietario del fondo;
- impianti a fonti rinnovabili compatibili con il regime di scambio sul posto (SSP) che non alterino i volumi, le superfici, le destinazioni d'uso, il numero delle unità immobiliari, non implicino un incremento dei parametri urbanistici e non riguardino le parti strutturali dell'edificio; in caso di impianto fotovoltaico l'impianto non può essere realizzato all'interno dei centri storici (zona A dei Piani Regolatori Generali).

In ogni caso, il ricorso alla comunicazione è precluso al proponente che non abbia titolo sulle aree o sui beni interessati dalle opere e dalle infrastrutture connesse (in assenza di tale titolo l'impianto deve seguire l'iter autorizzativo unico).

### **3.4 La Procedura Abilitativa Semplificata (P.A.S.)**

Il D.Lgs. 28/2011 ha modificato gli schemi autorizzativi delineati nel 2010 con l'approvazione delle Linee Guida Nazionali: la Denuncia di Inizio Attività (D.I.A.) è sostituita dalla Procedura Abilitativa Semplificata (P.A.S.). E' data alle Regioni, al contempo, la possibilità di ampliare il campo di applicazione di tale strumento autorizzativo semplificato ad impianti di potenza fino a 1 MW (art. 6).

La P.A.S. si applica agli impianti:

- Impianti fotovoltaici con moduli sugli edifici con superficie complessiva non superiore a quella del tetto di qualsiasi potenza per i quali non è applicabile la semplice Comunicazione al Comune;
- Impianti fotovoltaici fino a 20 kW (v. tabella A del D.Lgs. 387/2003) per i quali non è applicabile la semplice Comunicazione al Comune;
- Impianti a biomasse operanti in assetto cogenerativo fino a 1000 kWe = 3000 kWt (piccola cogenerazione) per i quali non è applicabile la semplice Comunicazione al Comune;
- Impianti a biomasse fino a 200 kW (v. tabella A del D.Lgs. 387/2003) per i quali non è applicabile la semplice Comunicazione al Comune;
- Impianti a gas di discarica, gas residuati da processi di depurazione e biogas operanti in assetto cogenerativo fino a 1000 kWe = 3000 kWt (piccola cogenerazione) per i quali non è applicabile la semplice Comunicazione al Comune;
- Impianti eolici fino a 60 kW (v. tabella A del D.Lgs. 387/2003) per i quali non è applicabile la semplice Comunicazione al Comune;
- Torri anemometriche destinate a misurazioni del vento di durata superiore ai 36 mesi;
- Impianti idroelettrici fino a 100 kW (v. tabella A del D.Lgs. 387/2003) per i quali non è applicabile la semplice Comunicazione al Comune.

La PAS deve essere presentata dal soggetto interessato, anche in via telematica, al Comune almeno 30 giorni prima dell'effettivo inizio dei lavori. Nel caso in cui l'immobile sia sottoposto a vincolo tutelato dallo stesso Comune, il termine di 30 giorni è sospeso e decorre dalla conclusione del relativo procedimento. Se la tutela del vincolo compete ad un'altra amministrazione e il suo parere non è allegato alla P.A.S., il Comune entro 20 giorni convoca una conferenza di servizi. Il termine decorre quindi dall'adozione della decisione conclusiva.

La denuncia di impianto deve essere accompagnata da una relazione firmata da un progettista abilitato e dagli elaborati progettuali in grado di asseverare la conformità del progetto agli strumenti urbanistici e ai regolamenti edilizi. Alla P.A.S., che ha una validità



di 3 anni, bisogna inoltre allegare anche il preventivo per la connessione redatto dal gestore della rete e accettato dal proponente, nonché l'indicazione dell'impresa alla quale si vogliono affidare i lavori. In caso di false dichiarazioni il dirigente comunale interpella l'autorità giudiziaria.

A fine intervento il progettista o il tecnico abilitato presenta al Comune un certificato di collaudo finale. In ogni caso, il ricorso alla P.A.S. è precluso al proponente che non abbia titolo sulle aree o sui beni interessati dalle opere e dalle infrastrutture connesse (in assenza di tale titolo l'impianto deve seguire l'iter autorizzativo unico).

### 3.5 L' Autorizzazione Unica

L'autorizzazione Unica è il provvedimento introdotto dall'articolo 12 del D.Lgs. 387/2003 per l'autorizzazione di impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili al di sopra delle soglie di potenza indicate nella tabella 3.5.1 sotto riportata. Le soglie indicate potranno essere innalzate per specifiche fonti e particolari siti di installazione, per mezzo di un decreto del Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministero dell'Ambiente e la Conferenza Unificata.

**Tabella 3.5.1.** Soglie di potenza per l'applicazione dell'Autorizzazione unica ex D.Lgs. 387/2003

<b>Fonte</b>	<b>SOGLIA PER AUTORIZZAZIONE UNICA</b>
Eolica	60 kW
Solare fotovoltaica	20 kW
Idraulica	100 kW
Biomasse	200 kW
Gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas	250 kW

L'Autorizzazione Unica, rilasciata al termine di un *procedimento unico* svolto nell'ambito della Conferenza dei Servizi alla quale partecipano tutte le amministrazioni interessate, costituisce titolo a costruire e a esercire l'impianto e ove necessario, diventa variante allo strumento urbanistico. Tale titolo autorizzativo non sostituisce la V.I.A. (Valutazione di Impatto Ambientale) laddove richiesta dalla legislazione vigente. La competenza per il rilascio dell'Autorizzazione Unica è in capo alle Regioni (o alle Provincie se delegate dalla

disciplina regionale).

Il procedimento per il rilascio dell'autorizzazione unica viene avviato sulla base dell'ordine cronologico di presentazione delle istanze di autorizzazione. I tempi del procedimento sono così stabiliti:

- Entro 15 giorni dalla presentazione della richiesta, l'Amministrazione competente, verificata la completezza formale della documentazione, comunica al richiedente l'avvio del procedimento oppure la non procedibilità dell'istanza per carenza della documentazione prescritta. In questo secondo caso, sarà solo dalla data di ricevimento della documentazione completa che andranno ricalcolati i tempi. Trascorsi i 15 giorni senza che l'amministrazione abbia comunicato l'improcedibilità, il procedimento si intende avviato.
- Entro 30 giorni dal ricevimento dell'istanza, l'amministrazione convoca la Conferenza.
- Nel corso del procedimento autorizzativo, il proponente può presentare modifiche alla soluzione per la connessione individuate dal gestore di rete, fermi restando gli atti di assenso e le valutazioni già effettuate per quelle parti del progetto non interessate dalle modifiche.
- Nel corso del procedimento autorizzativo, possono essere richiesti dall'Amministrazione procedente (anche su imput delle altre amministrazioni interessate) ulteriori documentazioni e/o chiarimenti. Questa richiesta avviene in un unico momento entro 90 giorni dall'avvio del procedimento. Se il proponente non fornisce la documentazione integrativa entro i successivi 30 giorni, salvo proroga per un massimo di ulteriori 30 giorni concessa a fronte di comprovate esigenze tecniche, si procede all'esame del progetto sulla base degli elementi disponibili.
- Rispetto ai progetti sottoposti a V.I.A., i termini per la richiesta di integrazioni e di produzione della relativa documentazione sono dettati dal comma 3, articolo 26, D.Lgs. 152/2006 e dalle norme regionali di attuazione. Resta ferma l'applicabilità dell'articolo 10-bis della legge n. 241 del 1990. I lavori della Conferenza dei Servizi rimangono sospesi fino al termine prescritto per la conclusione delle procedure di verifica di assoggettabilità o di V.I.A.. Trascorsi 45 giorni dall'avviso dell'avvenuta trasmissione del progetto preliminare (articolo 20 D.Lgs. 152/2006) senza che sia intervenuto un provvedimento esplicito sulla verifica di assoggettabilità, l'Autorità competente si esprime in sede di Conferenza dei Servizi. Per la decisione in materia di V.I.A., decorso il termine previsto dall'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 152/2006 (120 o 150 giorni dalla presentazione dell'istanza), subentra l'esercizio del potere sostitutivo da parte del Consiglio dei Ministri.
- Entro la data in cui è prevista la riunione conclusiva della Conferenza dei Servizi, il proponente deve fornire la documentazione che dimostri la disponibilità del

suolo su cui è ubicato l'impianto fotovoltaico o a biomassa. Ciò è previsto dall'articolo 12, comma 4-bis del D.Lgs. 387/2003: *"Per la realizzazione di impianti alimentati a biomassa e per impianti fotovoltaici, ferme restando la pubblica utilità e le procedure conseguenti per le opere connesse, il proponente deve dimostrare nel corso del procedimento, e comunque prima dell'autorizzazione, la disponibilità del suolo su cui realizzare l'impianto."*

- Il termine per la conclusione del procedimento unico non può essere superiore a 90 giorni decorrenti dalla data di ricevimento dell'istanza. Il calcolo dei 90 giorni deve comunque tenere conto delle eventuali sospensioni dovute alla richiesta di ulteriore documentazione integrativa o di chiarimenti, anche per verifica di assoggettabilità o V.I.A., o all'esercizio dei poteri sostitutivi.

Le Linee Guida ribadiscono che le pubbliche amministrazioni e i soggetti privati preposti all'esercizio di attività amministrative sono tenuti, in caso di mancato rispetto dei termini fissati per il rilascio dell'autorizzazione unica, al risarcimento del danno ingiusto cagionato in conseguenza dell'inosservanza dolosa o colposa del termine di conclusione del procedimento unico. Restano ferme le disposizioni regionali e statali concernenti l'esercizio dei poteri sostitutivi, nonché le disposizioni di legge relative al ricorso contro il silenzio dell'amministrazione. Infatti, *"salvi i casi di silenzio assenso, decorsi i termini per la conclusione del procedimento, il ricorso avverso il silenzio dell'amministrazione (...) può essere proposto anche senza necessità di diffida all'amministrazione inadempiente, fintanto che perdura l'inadempimento e comunque non oltre un anno dalla scadenza dei termini (...). Il giudice amministrativo può conoscere della fondatezza dell'istanza. È fatta salva la riproponibilità dell'istanza di avvio del procedimento ove ne ricorrano i presupposti"* (articolo 2, comma 8, L. 241/1990 e s.m.i.).

### **3.6 Requisiti, aree non idonee, misure compensative**

Le Linee Guida fissano i criteri per le Regioni con i quali individuare norme per il corretto inserimento degli impianti nel paesaggio, delimitare le aree non idonee per specifiche tipologie di impianti e definire di misure compensative.

Nella parte IV del documento sono delineati i criteri generali per il corretto inserimento degli impianti a fonti rinnovabili nel territorio e nel paesaggio. Le Linee Guida nazionali prendono in esame sia le caratteristiche positive (requisiti non obbligatori) che le linee di indirizzo secondo le quali le Regioni dovranno valutare i siti non idonei agli impianti. Il rispetto di tali criteri non è comunque considerato requisito necessario ai fini dell'ottenimento dell'Autorizzazione Unica. Nell'autorizzare progetti localizzati in zone agricole caratterizzate da produzioni agro-alimentari di qualità (produzioni biologiche, produzioni D.O.P., I.G.P., S.T.G., D.O.C., D.O.C.G., produzioni tradizionali) e/o di particolare pregio rispetto al contesto paesaggistico-culturale, deve essere verificato che l'insediamento e l'esercizio dell'impianto non comprometta o interferisca negativamente con le finalità perseguite dalle disposizioni in materia di sostegno nel settore agricolo, con particolare riferimento alla valorizzazione delle tradizioni agroalimentari locali, alla tutela della biodiversità, così come del patrimonio culturale e del paesaggio rurale.

Le Regioni possono procedere all'indicazione di aree e siti non idonei alla installazione di specifiche tipologie di impianti anche sulla base dei criteri indicati nell'allegato 3 delle Linee Guida. L'individuazione della non idoneità dell'area è operata dalle Regioni attraverso un'apposita istruttoria avente ad oggetto la ricognizione delle disposizioni volte alla tutela dell'ambiente, del paesaggio, del patrimonio storico e artistico, delle tradizioni agroalimentari locali, della biodiversità e del paesaggio rurale. Qualora la ricognizione facesse emergere obiettivi di protezione non compatibili con l'insediamento di specifiche tipologie e/o dimensioni di impianti, si determinerebbe infatti un'elevata probabilità di esito negativo in sede di autorizzazione. Gli esiti dell'istruttoria dovranno contenere, in relazione a ciascuna area individuata come non idonea in relazione a specifiche tipologie e/o dimensioni di impianti, la descrizione delle incompatibilità riscontrate con gli obiettivi di protezione individuati nelle disposizioni esaminate.

### 3.7 La situazione regionale

*Le Linee Guida colmano un vuoto normativo perpetratosi dal 2003; durante questi anni ogni Regione ha provveduto autonomamente a legiferare in materia di energia generando un quadro normativo estremamente variegato. La competenza del procedimento unico è stata diversamente delegata da Regione a Regione. In sintesi tabella 3.7.1*

**Tabella 3.7.1** Enti competenti per il procedimento unico.

<b>REGIONE o PROVINCIA AUTONOMA</b>	<b>ENTE COMPETENTE</b>
Abruzzo	REGIONE
Basilicata	REGIONE
Calabria	REGIONE
Campania	PROVINCIA-REGIONE
Emilia Romagna	PROVINCIA-REGIONE
Friuli Venezia Giulia	COMUNI ASSOCIATI-PROVINCIA-REGIONE
Lazio	PROVINCIA
Liguria	PROVINCIA
Lombardia	PROVINCIA
Marche	REGIONE
Molise	REGIONE
Piemonte	PROVINCIA
Puglia	REGIONE
Sardegna	REGIONE
Sicilia	REGIONE
Toscana	PROVINCIA
Umbria	PROVINCIA
Valle d'Aosta	REGIONE
Veneto	REGIONE
Trento	PROVINCIA
Bolzano	PROVINCIA

Per ogni Regione, nonché per le Province autonome di Trento e Bolzano, è fornito un quadro schematico della situazione regionale riportate in tre schede:

- **SCHEDA BLU (Allegato 1)**, dove è illustrato il quadro generale della pianificazione energetica regionale, con particolare attenzione per la disciplina delle fonti rinnovabili, dell'efficienza energetica, nonché i procedimenti autorizzativi per gli impianti alimentati da FER;
- **SCHEDA ARANCIONE (Allegato 2)**, in cui è riportato l'elenco delle principali norme regionali in materia di energia, fonti energetiche rinnovabili, valutazione di impatto ambientale (V.I.A.), valutazione ambientale strategica (V.A.S.), valutazione di incidenza (V.I.) e conferimento/delega delle funzioni amministrative;
- **SCHEDA GIALLA (Allegato 3)**, contenente il quadro sinottico delle autorizzazioni necessarie e delle autorità competenti per fonte e potenza installata.

Le schede allegate sono riferite solamente alla Regione Calabria.

## **4 L'INTEGRAZIONE TRA L'ANALISI MULTICRITERI E I SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI A SUPPORTO DELLE PROCEDURE DI VALUTAZIONE**

### **4.1 L'Analisi Multicriteria**

L'analisi multicriteria (Multi Criteria Decision Analysis, MCDA) è una metodologia di analisi comparata a criteri multipli che può contribuire all'efficienza ed efficacia di un processo decisionale (Fusco Girard e Nijkamp, 1997).

Questo tipo di analisi per scopo decisionale è orientata a supportare il decisore qualora si trovi a operare con valutazioni numerose e conflittuali, consentendo di ottenere una soluzione di compromesso in modo trasparente.

I metodi di analisi multicriterio supportano il decisore nella fase di organizzazione e sintesi di informazioni complesse e spesso di natura eterogenea. Tale metodologia permette di analizzare e valutare diverse alternative, monitorandone l'impatto sui differenti attori del processo decisionale.

Tramite MCDA è possibile eseguire infatti:

- la sintesi delle opinioni espresse da diversi soggetti;
- la soluzione di situazioni di conflitto dovute alla scarsità di risorse;
- la determinazione di una scala di priorità;
- la formulazione di raccomandazioni e suggerimenti operativi.

Si tratta di un metodo quali-quantitativo per esaminare la validità di diverse alternative in termini di piani, programmi, progetti e processi di investimento caratterizzati da un rilevante impatto economico, sociale ed ambientale nel contesto in cui vengono realizzati.

A differenza dell'analisi costi-benefici, tecnica di valutazione monodimensionale che esprime il giudizio di convenienza in funzione del solo criterio monetario, l'analisi multicriteria cerca di simulare, guidare e razionalizzare il processo di scelta del *policy maker* attraverso l'ottimizzazione di un vettore di più criteri, pesati secondo le priorità da questo dichiarate. In questo modo è possibile far rientrare in un unico procedimento valutativo sia criteri di carattere economico e quindi monetizzabili, sia criteri extra-economici (ad esempio ambientali ed estetici) misurabili solo in termini fisici o qualitativi, ovvero non monetizzabili e che richiedono quindi una pluralità di indicatori, sia dimensionali che adimensionali, comunque incommensurabili (Pompili, 2005).

L'analisi multicriteria può essere utilizzata alternativamente o in maniera complementare all'analisi costi-benefici; può inoltre essere utilizzata sia *ex-ante* che dopo l'eventuale attuazione degli interventi. La nozione di valutazione, in tale ambito, può essere definita come un'attività che si sviluppa in due fasi successive, seppur complementari: in una prima fase devono essere ricercate quelle alternative che hanno una rilevanza oggettiva, per poi successivamente provvedere ad una classifica o ordinamento delle diverse

alternative.

Sostanzialmente, la particolarità dell'analisi multicriteria consiste nella formulazione di un giudizio di convenienza di un intervento in funzione di più criteri di riferimento, esaminati in maniera autonoma o interattiva. Un criterio è uno standard di giudizio o una regola per testare la desiderabilità delle alternative decisionali. Il termine "criterio" include però sia il concetto di obiettivo che quello di attributo. Più specificamente, un obiettivo è una dichiarazione riguardo alla condizione che vorrebbe essere raggiunta dal sistema considerato. Ad un obiettivo possono essere poi assegnati uno o più attributi che rendono il criterio misurabile qualitativamente e/o quantitativamente.

Problemi decisionali hanno sicuramente caratteristiche di multidimensionalità ed eventualmente anche di spazialità, in quanto potrebbero appunto anche essere caratterizzati da alternative geograficamente definite, in modo che il risultato dell'analisi (la decisione) dipenda anche dalla distribuzione spaziale delle stesse alternative.

Il punto di partenza di un'analisi multicriteria è la costruzione di una matrice in cui viene riportato il valore risultante di ogni obiettivo, espresso nella propria unità di misura, per ogni alternativa possibile. Successivamente, combinando tale matrice con il vettore dei pesi attribuiti ad ogni singolo obiettivo, è possibile ottenere una graduatoria delle alternative esaminate.

La matrice di valutazione richiede quindi che sia identificato per ogni criterio, uno o più indicatori con cui misurare le prestazioni di ciascuna alternativa. La misurazione degli impatti può avvenire secondo una scala quantitativa o laddove questo non fosse possibile, secondo una scala qualitativa. Nel primo caso, una volta effettuata la misurazione, è necessario operare una standardizzazione, in modo tale che i valori riscontrati siano ricondotti all'intervallo (0-1). Per quanto riguarda invece le valutazioni non esprimibili mediante dati quantitativi ricavabili empiricamente, è possibile procedere con il metodo dell'esplicitazione delle "funzioni di impatto", che consiste nell'assegnare (mediante confronto a coppie) rapporti di importanza tra vari livelli di manifestazione del fenomeno valutato mediante un criterio, e nel derivare in questo modo una funzione standardizzata di utilità con valori tra 0 e 1 per ciascun livello di manifestazione o "impatto" (Keeney e Raiffa, 1993).

L'analisi multicriteria consente in definitiva, di individuare combinazioni Pareto-ottimali nel perseguimento degli obiettivi e di ricercare la soluzione di miglior compromesso (Fusco Girard, 1987). Diverse soluzioni di compromesso sono comunque possibili in base al criterio di ottimalità paretiana. Pertanto, la scelta dovrà fondarsi su un giudizio di priorità relativa dei diversi obiettivi (Pompili, 2005).

Esistono vari metodi per l'analisi multicriterio (Figueira, 2005) e l'MCDA viene ormai utilizzata in vari campi applicativi, quali finanza, pianificazione, telecomunicazioni, ecologia ecc. In linea di massima, l'MCDA viene utilizzata in tutti quei domini in cui non è



possibile applicare direttamente un metodo di ottimizzazione, essendo presenti numerosi criteri di decisione.

Alcuni dei metodi MCDA più utilizzati sono: *Analitical Hierarchy Process* (AHP), *Multi-Attribute Global Inference of Quality* (MAGIQ), *Goal Programming*, *ELECTRE (Outranking)*, *PROMETHÉE (Outranking)*, *Data Envelopment Analysis*, *The Evidential Reasoning Approach*, *Dominance-based Rough Set Approach* (DRSA), *Aggregated Indices Randomization Method* (AIRM), ecc.

Oltre a quelli sopra descritti, sono stati proposti molti altri approcci, denominati "non-classificati" o misti. Non sembra esserci nessuna definizione comune di questi metodi all'interno della comunità MCDA (Munda et al. 1994; Maystre et al. 1994; Guitouni e Martel 1998; Figueira et al. 2005), ma si capisce che vengono fatti corrispondere a un gruppo di metodi MADM in grado di gestire informazioni di criteri misti qualitativi-quantitativi o qualitativi, con un modello di preferenza diverso da quelli classicamente utilizzati per i metodi di *multi-attribute utility* e di *outranking*.

In generale, l'approccio MCDA per lo sviluppo di un processo decisionale è costituito da una serie di fasi:

- 1) definizione del problema;
- 2) individuazione delle alternative;
- 3) individuazione dei criteri di valutazione;
- 4) raccolta dei dati e misurazione dei criteri di valutazione;
- 5) normalizzazione e/o misurazione delle *quality function*;
- 6) pesatura/ponderazione;
- 7) aggregazione e calcolo dei parametri di valutazione;
- 8) analisi di sensitività;
- 9) analisi e interpretazione dei risultati.

#### *Definizione del problema*

Costituisce la prima fase di una MCDA e consiste nell'impostare il problema in termini di obiettivi del processo di valutazione (che cosa deve essere valutato?, perché?, come?). Nella maggior parte dei casi, gli approcci MCDA vengono utilizzati per supportare le decisioni relativamente ad opzioni alternative di politiche/progetti. In questo caso, l'analisi è effettuata ex-ante e il problema è in gran parte derivante dal confronto di alternative di progetto, al fine di decidere quali implementare.

L'analisi MCDA può anche essere usata per confrontare le diverse situazioni di ex-post, con l'obiettivo di confrontare i risultati tra casi/aree, classificare i diversi casi e comparare i risultati reali con quelli attesi.

#### *Individuazione delle alternative*

La maggior parte dei metodi di MCDA si basano sul confronto di diversi oggetti (alternative). Gli oggetti di confronto possono differire nell'analisi ex-post ed ex-ante. In linea di principio, le alternative devono avere le seguenti caratteristiche (Maystre et al. 1994; Roy e Bouyssou 1985):

- escludersi a vicenda (non sempre, ma di solito sì);
- coerenti nel tempo e nello spazio (ad esempio, stesso orizzonte temporale, stesso settore/area);
- comparabili, come per ogni caratteristica diversa da quelle espresse dai criteri di valutazione.

Nell'analisi ex-ante, le alternative rappresentano la diversa modalità di attuazione dello stesso progetto/politica; ovvero, le alternative possono essere viste come diversi decorsi di azioni. Nell'analisi ex-post, l'oggetto del confronto può essere costituito da diversi casi (ad esempio, diverse osservazioni) oppure da un solo caso nei confronti di alcune situazioni attese, o ancora lo stesso caso considerato a tempi diversi.

#### *Individuazione dei criteri di valutazione*

I criteri di valutazione sono finalizzati a quantificare le conseguenze delle azioni alternative. In una analisi multicriteriale è necessario non solo selezionare alcuni criteri, bensì individuare una serie coerente di criteri in relazione ai fini della valutazione.

Le caratteristiche di tale impostazione dovrebbero essere (Maystre et al. 1994):

- completezza: tutti i criteri devono essere presi in considerazione, nessuno dimenticato;
- coerenza: la preferenza locale sui criteri deve essere coerente con la preferenza a livello globale;
- non ridondanza: è necessario evitare duplicazioni / sovrapposizioni di criteri.

In linea di principio i criteri possono assumere qualsiasi forma, sia quantitative che qualitative, e questo costituisce uno dei punti di forza dell'analisi multicriteriale.

#### *Raccolta dei dati e misurazione dei criteri di valutazione*

La scelta dei criteri di valutazione e la loro forma possono essere condizionati dalla possibilità di acquisire dati affidabili per la loro misurazione. In particolare questo accade nelle valutazioni ex-post dove non è stato sviluppato fin dall'inizio un progetto per la raccolta dei dati. D'altro canto, i dati specifici richiesti variano a seconda della scelta degli indicatori. Quando è necessario effettuare una valutazione ex-ante e la raccolta dei dati non è sufficiente, possono essere utilizzate tecniche di acquisizione di informazioni o di stima che spaziano dal semplice calcolo intuitivo, alle interviste a esperti, a modelli economici e non economici. La raccolta/generazione dei dati può riguardare sia la misurazione degli indicatori che i dati di riferimento per l'interpretazione (soglie, massimo, valori minimi, funzioni di qualità, etc.).

#### *Normalizzazione e/o misurazione delle funzioni di utilità*

Questa fase può essere più o meno rilevante a seconda del metodo di aggregazione e del modo in cui gli indicatori sono misurati. In linea di principio, è volta a fornire una interpretazione tecnica degli indicatori, quantificando, in modo normalizzato, il valore di ogni indicatore (quale valore di utilità può essere collegato a). La funzione di qualità deve essere costruita in modo da poterla collegare allo stato del sistema analizzato e agli obiettivi di ogni valutazione. Il primo problema è la forma della funzione. Una soluzione semplice è quella di assumere che gli impatti/relazioni sono lineari nell'indicatore. Questo è relativamente comune a causa di una maggiore trasparenza e semplicità d'uso. Tuttavia, non è generalmente vero per i parametri ambientali/territoriali, quindi può essere necessario l'utilizzo di funzioni in grado di tradurre il valore degli indicatori in un indice normalizzato di valore, tenendo conto di come cambia l'utilità con l'evoluzione del valore dell'indicatore. Un ulteriore problema è la scelta del più basso e del più alto valore della funzione. Per quanto riguarda il parametro più basso, il valore di zero dell'indicatore è normalmente quello associato al valore zero della funzione di qualità (ma così facendo non si risolve il possibile problema del valore negativo dell'indicatore). Il valore massimo, invece, è più complesso e dipende molto da ogni singolo problema.

#### *Pesatura/ponderazione*

I pesi rappresentano l'importanza relativa di ciascun criterio per determinare l'utilità da associare a ciascuna alternativa (Roy e Mousseau 1996). Pur esistendo diversi metodi per la determinazione dei pesi, il confronto a coppie è probabilmente quello più rigoroso e maggiormente utilizzato. Esso si basa sul confronto di ciascuna coppia di criteri (o attributi) e rappresenta l'espressione di quanto è più importante un criterio (attributo) rispetto agli altri. Dalla matrice di confronto associata è possibile ricavare una serie completa di pesi.

Le difficoltà nel definire i pesi sono rilevanti, ma il problema principale è connesso con il

soggetto a cui viene chiesto di pesare i diversi criteri. La maggior parte delle procedure di MCDA dipendono dai *decision-maker*, le cui preferenze possono essere messe in discussione per diversi motivi. In alternativa, gli *stakeholder* potrebbero essere intervistati secondo un modello di valutazione contingente oppure possono essere coinvolti in un processo di discussione (ad esempio, *focus group*). In quest'ultimo caso, il problema principale è rappresentato dal modo di aggregare i valori espressi dai diversi gruppi di interesse.

#### *Aggregazione e calcolo dei parametri di valutazione*

In questa fase, i vari criteri sono aggregati al fine di ottenere un unico punteggio o classificazione che può essere usato per confrontare le alternative. Esistono diversi approcci per sviluppare tale fase; Maystre et al. (1994) ne identificano tre principali:

- aggregazione completa transitiva (unico criterio sintetico senza ammettere incomparabilità);
- aggregazione parziale (classificazione sintetica che permette l'incomparabilità);
- aggregazione locale e iterativa (aggiustamento locale interattivo con iterazioni ed errori).

La procedura di aggregazione/confronto è molto importante nel processo MCDA tanto che molto spesso questa è la caratteristica principale che caratterizza la definizione di ogni metodo di MCDA. Il modo più semplice di aggregazione è la somma ponderata (primo gruppo), in cui il punteggio finale di un'alternativa è dato dalla somma di ciascun valore dell'indicatore (normalizzato) per tutte le alternative del peso di tale indicatore.

#### *Analisi di sensitività*

L'analisi di sensitività ha lo scopo di valutare come cambierebbero i risultati in conseguenza alla modifica di alcune ipotesi o parametri. L'analisi di sensitività è particolarmente importante quando i dati sono incerti. Una buona analisi di sensitività può essere molto utile per escludere alcune aspettative o alcune alternative, qualunque siano le condizioni esterne. L'analisi di sensitività può essere sostituita dall'analisi di scenario, in cui combinazioni coerenti di parametri esterni sono legate all'analisi. I risultati vengono poi confrontati attraverso scenari. Questo consente di semplificare lo studio, ove possibile, dove i parametri su cui eseguire la sensitività sono troppi.

#### *Analisi e interpretazione dei risultati*

I risultati dell'MCDA richiedono interpretazione, vale a dire che è necessario valutare se

nel loro complesso i risultati sono stabili e affidabili, se le differenze di punteggio/classificazione sono pertinenti e in che misura, e infine quali sono le determinanti dei risultati.

L'ultima questione è particolarmente rilevante in quanto consente di tornare alla comprensione delle cause dei risultati e di ottenere eventuali suggerimenti per migliorare la progettazione di soluzioni alternative. Questo può essere sviluppato, sia classificando le alternative in accordo al progetto/risultati o mediante analisi delle componenti del punteggio finale/graduatoria al fine di comprendere la "forza" delle determinanti.

## **4.2 I Sistemi Informativi Geografici**

Molti dei problemi che riguardano le decisioni territoriali sono multicriteriali per natura, poiché coinvolgono diverse dimensioni, quali l'economia, la società, l'ambiente, la politica e valori spesso in contrapposizione tra loro (Malczewski 1999). Inoltre, essi possiedono una spiccata dimensione geografica; di conseguenza, la classificazione dei criteri descrittivi, così come il loro ordinamento e la loro scelta, dipendono anche da tale caratterizzazione spaziale. Affrontare problemi decisionali di tipo spaziale può quindi implicare l'applicazione contemporanea di un approccio di analisi multicriteriale (MCDA) e uno di analisi territoriale tramite sistemi informativi geografici (GIS) (Malczewski 2006).

I sistemi informativi geografici (GIS, Geographic Information System) possono essere definiti come una "combinazione di hardware, software, risorse umane e procedure che hanno lo scopo di acquisire, gestire e analizzare dati spazialmente referenziati" (Goodchild e Kemp, 1990).

Hanno vissuto negli ultimi decenni una forte evoluzione tecnologica, ampliando notevolmente le modalità di gestione ed analisi del territorio. I GIS hanno infatti come caratteristica principale una trasversalità tematica che permette di applicarli in numerosi settori di intervento: geologia, urbanistica e pianificazione territoriale, monitoraggio ambientale, beni culturali e archeologia, agronomia e gestione forestale, reti tecnologiche, mobilità e monitoraggio flotte, protezione civile, studi socio sanitari, ecc.

Il successo dei GIS è stata la conseguenza del graduale passaggio dall'approccio analogico strettamente cartografico (*map-oriented*), finalizzato alla stampa e all'aspetto simbolico degli elementi, a quello digitale e quantitativo (*GIS-oriented*) caratterizzato da un'organizzazione di dati in layer logici connessi ad una componente descrittiva (*database*).

La cartografia digitale, da semplice rappresentazione del territorio, è divenuta prima "dato numerico" utile per il disegno automatico e successivamente "informazione geografica" (database geografico) funzionale per attività di analisi spaziale.

Tale passaggio, ovviamente favorito dalla crescente disponibilità di dati e dall'evoluzione degli strumenti hardware e software, è stato anche culturale, comportando l'accettazione della complessità spaziale dell'intorno in cui viviamo.

La cartografia "non è più solo rivolta ad indicare (con sempre maggiore precisione) dove sono e che forma hanno gli oggetti, naturali o artificiali, ma anche attenta a delineare le caratteristiche quantitative di cose e fenomeni, le loro correlazioni, per rintracciare una possibile spiegazione e quindi formulare leggi di comportamento dei fenomeni stessi" (Lodovisi e Torresani, 1996); da riproduzione statica e deterministica del nostro mondo è diventata "Sistema Informativo", archivio multidimensionale e dinamico di dati geografici ed alfanumerici che gli utenti possono interrogare e rappresentare con differenti modalità.

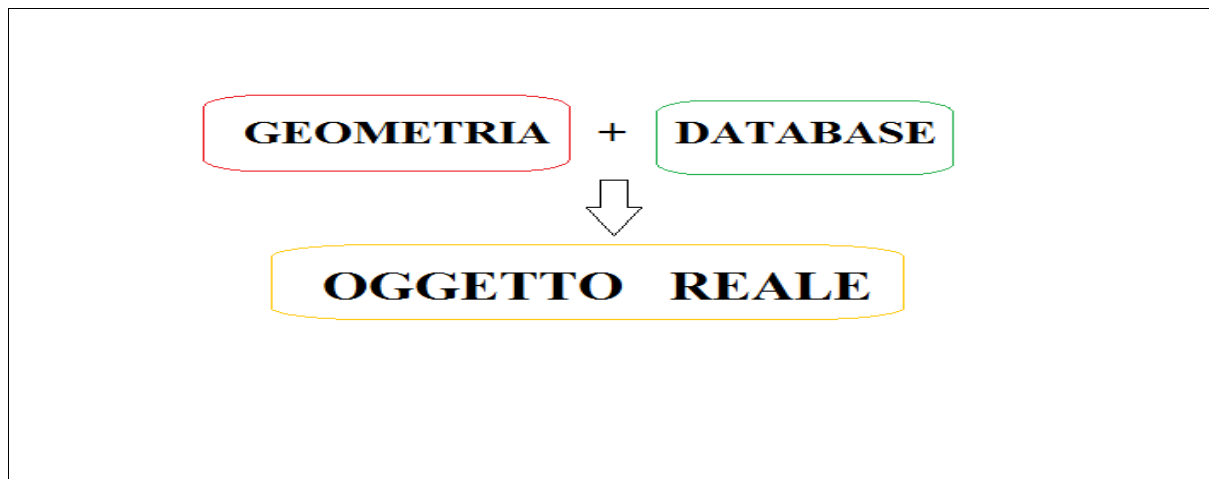
#### **4.2.1 Concetti fondamentali**

I sistemi informativi geografici sono basati su due concetti fondamentali:

- oggetto (o entità): qualsiasi elemento reale o fenomeno presente sulla superficie terrestre può essere utilizzato e interrogato in un GIS (ad esempio un albero, una formazione geologica, un pozzo, una strada, un'area con un certo tipo di uso del suolo, ecc.);
- georeferenziazione: è il processo attraverso il quale ad ogni oggetto vengono attribuite coordinate spaziali secondo determinati sistemi di riferimento (ad esempio Roma40 Gauss-Boaga fuso ovest, WGS84 UTM Zona 32N, ecc.).

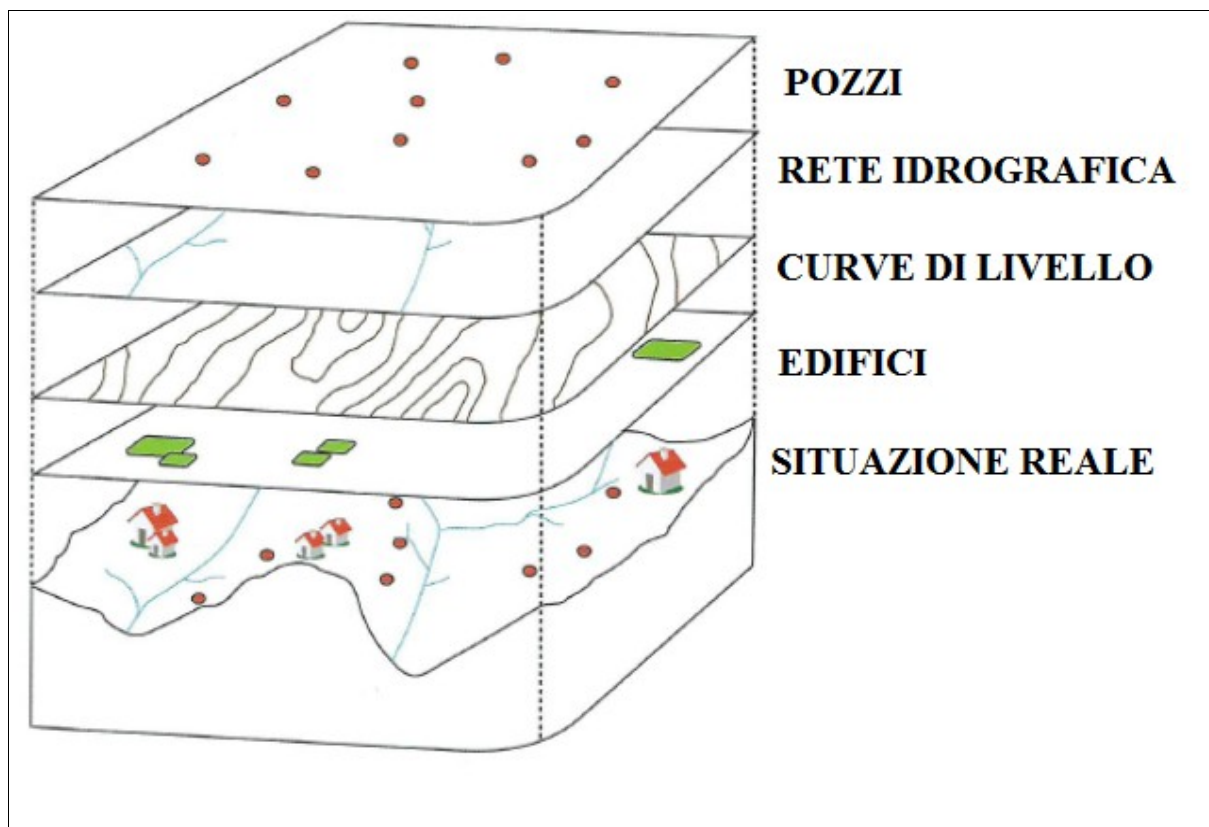
Il punto focale riguarda l'utilizzo di "dati spazialmente referenziati". Senza la georeferenziazione non è infatti possibile parlare di GIS che, per definizione, prevedono la necessità di inquadrare la rappresentazione del mondo reale in un sistema di coordinate codificato. In termini pratici, è possibile affermare che la consultazione di dati non georiferiti ovvero a "coordinate monitor" (tipicamente con origine degli assi in alto sinistra dell'interfaccia di un software) è condizione sufficiente per escludere il termine "Geografico" dal sistema.

Per ogni oggetto memorizzato in un GIS vengono associati due tipi fondamentali di informazione (Fig 4.2.2.1): la geometria che riproduce la forma degli oggetti e può essere ricondotta a tre elementi di base o primitive geografiche (punto, linea e poligono) e il database degli attributi che archivia, di solito in forma tabellare, le informazioni descrittive degli oggetti stessi (ad esempio un pozzo è definito dalla profondità, dall'anno di perforazione, dal proprietario, dalla portata media di emungimento, dalla concentrazione di un particolare inquinante, ecc.).



**Fig. 4.2.2.1** La geometria e il database degli attributi come componenti dell'oggetto reale.

Dal punto di vista dell'organizzazione dei dati, viene generalmente utilizzato un modello logico, ereditato dai software CAD (Computer-Aided Drafting), che suddivide gli elementi in strati sovrapposti (layer o livelli Fig. 4.2.2.2).

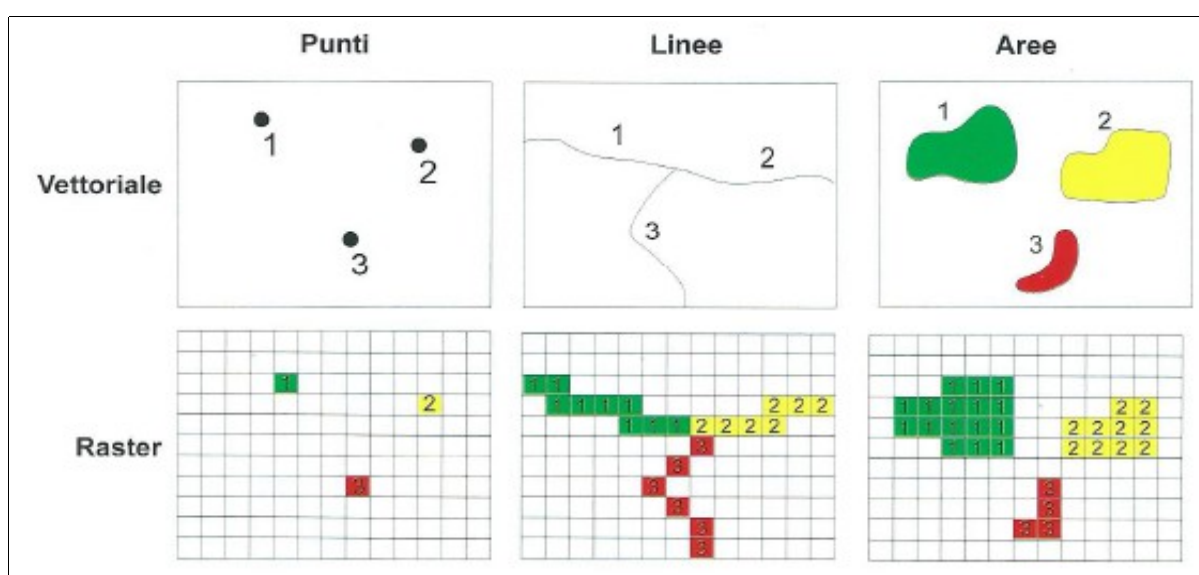


**Fig. 4.2.2.2** Modello logico di organizzazione dei dati a layer sovrapposti.

Gli oggetti appartenenti ai diversi layer possono essere tra loro confrontati mediante la tecnica dell'overlay (sovrapposizione) poiché georeferenziati e quindi rappresentabili rispetto ad un unico sistema di coordinate. Si tratta a tutti gli effetti del corrispondente digitale dei vecchi lucidi trasparenti tra loro sovrapposti e contenenti ognuno un diverso tematismo (ad esempio i limiti amministrativi, la cartografia geologica, il reticolo idrografico).

Questo tipo di suddivisione dei dati geografici porta a numerosi benefici tecnici e di gestione permettendo interrogazioni simultanee sui vari livelli ed estrazione delle informazioni in base al loro posizionamento.

Nei GIS i dati geografici possono essere archiviati sottoforma di due macromodelli fondamentali: vettoriali e raster (Fig.4.2.2.3)



**Fig. 4.2.2.3** Esempio di dati puntuali, lineari ed areali nelle rappresentazioni vettoriali e raster.

Nel modello vettoriale le informazioni sono memorizzate attraverso serie di coppie di coordinate (x,y) che formano figure geometriche come punti, linee e poligoni. Ognuna di queste forme rappresenta un oggetto (entità vettoriale) associato a dati di tipo non geometrico (attributi) archiviati in un record di una tabella. I dati digitalizzati dall'operatore in ambiente GIS sono tipicamente salvati secondo il modello vettoriale che può essere rappresentato da numerosi formati di file tra cui il diffuso shapefile di ESRI.

Il modello raster prevede invece l'utilizzo delle celle (pixel) come unità fondamentale di discretizzazione del territorio.

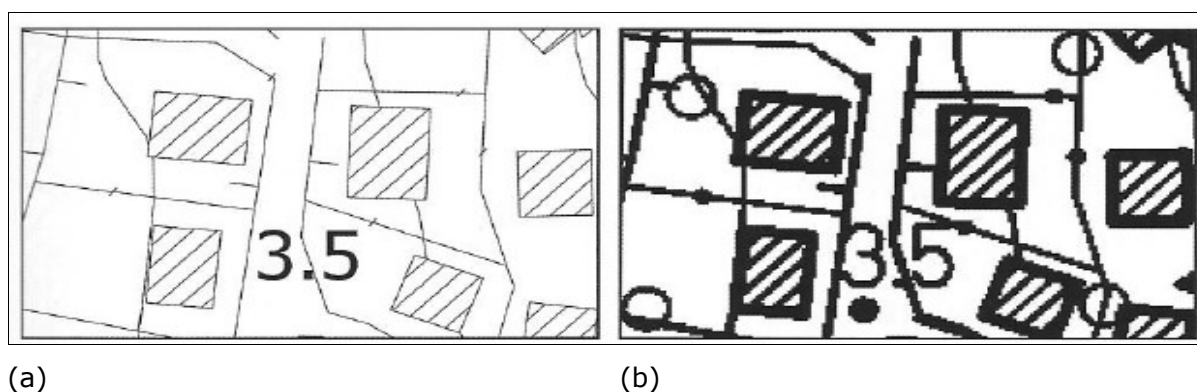
Tali celle, di solito quadrate e con risoluzione (lato) definita, formano una griglia di m righe ed n colonne che coprono una determinata regione. Per ognuna di esse viene archiviato un valore in forma numerica che può rappresentare, ad esempio, l'intensità di



colore di un'immagine, la variazione di una caratteristica fisica come l'elevazione sul livello del mare o la misura di un fenomeno come la quantità media annua di precipitazioni o la pendenza di versante.

I layer raster possono provenire da diverse fonti come scansioni di cartografia cartacea, immagini satellitari, fotografie aeree, rasterizzazione di layer vettoriali ed elaborazioni GIS. I DEM (Digital Elevation Model) e le cartografie derivate (ad esempio carte di acclività o di esposizione dei versanti) sono tipici esempi di prodotti che possono essere archiviati secondo questo modello. Tra i formati raster più utilizzati nei software GIS si citano TIFF(Geo TIFF), JPG ed ECW.

La conseguenza grafica dell'utilizzo del modello raster è la tipica "pixelizzazione" che si presenta a livelli di zoom elevati, fenomeno non riscontrabile nella rappresentazione vettoriale (Fig. 4.2.2.4)



**Fig. 4.2.2.4** Confronto visivo tra rappresentazione vettoriale (a) e raster (b)

#### **4.3 L'integrazione tra l'Analisi Multicriteria e i Sistemi Informativi Geografici**

La valutazione della sostenibilità degli interventi di trasformazione del territorio è ormai un tema non eludibile e di centrale importanza nel dibattito culturale, scientifico e politico. In tale contesto, i problemi decisionali sono tipicamente caratterizzati dal coinvolgere una componente spaziale (individuazione di aree idonee ad ospitare discariche, Valutazione Ambientale Strategica di piani regolatori, etc.), dal richiedere più di un criterio di valutazione e dal perseguire più di un obiettivo (protezione dell'ambiente, ma anche crescita economica e giustizia sociale, ossia sviluppo sostenibile).

Al fine di gestire la crescente complessità in tale contesto di analisi è necessario garantire, da un lato, un approccio sistemico e di tipo non lineare e, dall'altro, un'integrazione di metodi e discipline.

Questo ha stimolato, in fase operativa, l'integrazione delle funzioni spaziali tipiche dei

Geographic Information Systems (GIS) con quelle di Analisi Multicriteri (AMC) tipiche dei Decision Support Systems (DSS; Burstein e Holsapple, 2008), sviluppando una piattaforma ideale per l'analisi, la strutturazione e la risoluzione di problemi inerenti alla gestione dell'ambiente e del territorio (Geneletti, 2000).

La cosiddetta Analisi Multicriteri Spaziale (Malczewski, 1999) costituisce uno strumento di analisi e valutazione recentemente sviluppato in campo internazionale ma ancora scarsamente sperimentato a livello nazionale e rappresenta inoltre una delle più recenti evoluzioni delle procedure di valutazione nell'ambito degli interventi di trasformazione territoriale.

Permettendo, infatti, di affiancare ai dati ambientali anche informazioni di carattere economico e sociale, di confrontarli, di garantire una partecipazione attiva degli attori coinvolti all'interno del processo decisionale, di generare alternative e di rappresentare l'esito finale secondo mappe tematiche specifiche, l'Analisi Multicriteri spaziale garantisce un supporto rilevante nello sviluppo dei processi decisionali e si dimostra essere di particolare interesse soprattutto all'interno delle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), Valutazione Ambientale Strategica (VAS) e Valutazione di Incidenza Ecologica (VIE), per le quali il confronto tra diversi interventi alternativi, vero e proprio fulcro della valutazione, costituisce paradossalmente ancora la parte meno sviluppata all'interno del processo valutativo. In tale contesto, le tecniche di Analisi Multicriteri spaziale si inseriscono nella fase di valutazione ex-ante quali tecniche capaci di supportare i Decision Makers nel raggiungimento di un più alto grado di efficacia ed efficienza nelle scelte relative alle trasformazioni ed al governo del territorio.

Il valore aggiunto fornito dall'approccio di Analisi Multicriteri spaziale è legato dunque soprattutto all'esplicita considerazione della dimensione spaziale dei problemi decisionali, caratteristica intrinseca alle questioni relative alle trasformazioni territoriali.

Obiettivo del presente contributo è quello di esplorare strumenti di lavoro innovativi in grado di aiutare la comprensione dei fenomeni complessi relativi alle trasformazioni del territorio e, in particolare, di evidenziare il contributo dell'Analisi Multicriteri spaziale a supporto delle procedure di valutazione e di pianificazione territoriale, indagandone altresì limiti e potenzialità.

#### **4.3.1 L'approccio metodologico**

Un modello di Analisi Multicriteri spaziale può essere definito come una procedura analizzata all'identificazione ed al confronto di soluzioni ad un problema decisionale spaziale semi-strutturato, sulla base di una combinazione di fattori che possono essere, almeno parzialmente, rappresentati da mappe (Malczewski, 2006).

L'esigenza di integrare il dominio dell'analisi decisionale con quello dell'analisi spaziale deriva dal fatto che nella realtà non solo i criteri di valutazione ed i rispettivi attributi, che servono a misurarli, variano nello spazio e devono essere rappresentati attraverso map layers georeferenziati, ma anche le alternative decisionali da ordinare sono geograficamente definite, cioè rappresentabili attraverso "primitive geometriche" (ovvero elementi puntuali, lineari o areali) a cui sono associati i valori dei criteri di valutazione (Lapucci e Petri, 2009).

E' stato infatti stimato che l'80% dei dati sui quali si basa l'attività decisionale sia di natura geografica (Worral, 1991), evidenziando dunque la necessità e la potenzialità per un approccio integrato-sistemico, che sappia superare le debolezze e sfruttare in modo strategico la sinergia derivante dall'integrazione di sistemi GIS e tecniche di Analisi Multicriteri.

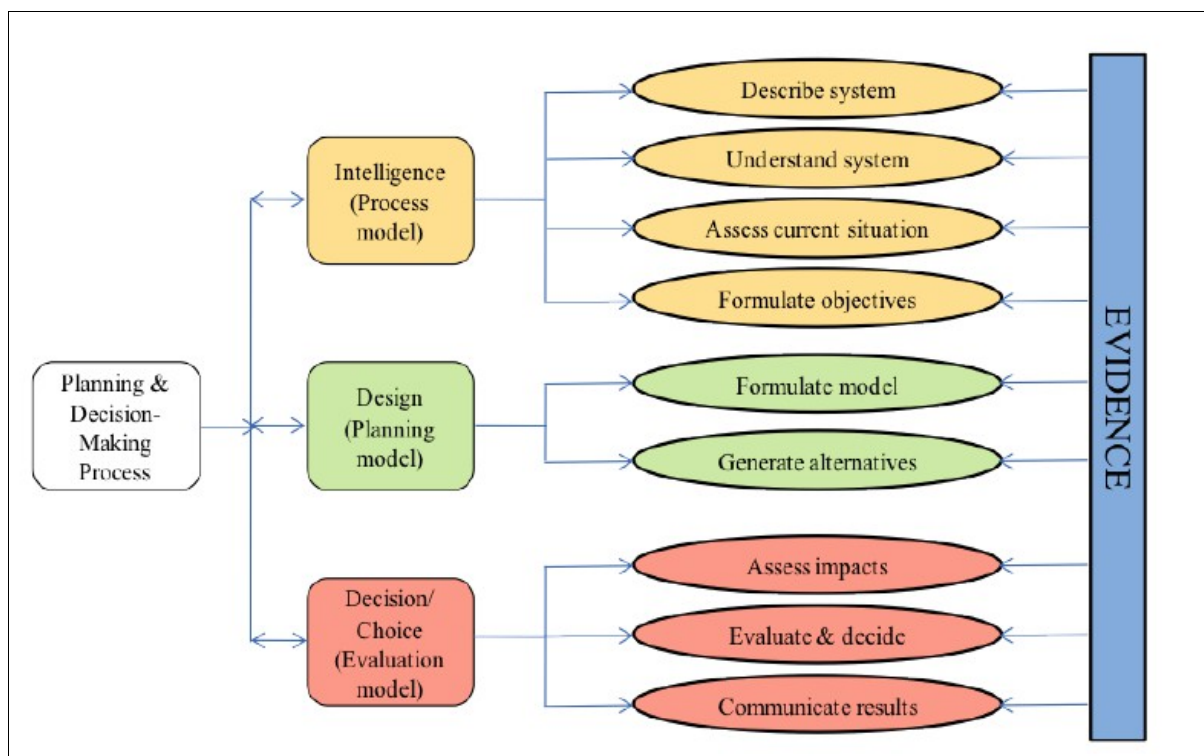
La pianificazione, intesa come processo di scelta e distribuzione di risorse analizzato al raggiungimento di obiettivi e alla progettazione del futuro, rappresenta una tipologia specifica di attività decisionale. Per tale ragione, Shari e Rodriguez (2002) pongono l'accento sull'importanza del confronto tra i momenti della pianificazione e le fasi del processo decisionale proposte da Simon (1960) (Fig. 4.3.1.1).

La struttura presentata in figura 4.3.1.1 evidenzia come vi sia un uso di attività dalla fase di intelligence a quella di design a quella di choice e come le diverse fasi del processo decisionale comportino il contributo metodologico sia dei sistemi GIS, sia delle tecniche di Analisi Multicriteri.

In particolare, la fase di intelligence si riferisce alla strutturazione del problema, durante la quale viene descritto il sistema in esame e vengono individuati gli obiettivi da perseguire. Uno o più criteri, o attributi, vengono quindi selezionati al fine di descrivere il grado di raggiungimento di ciascun obiettivo (Keeney, 1992).

La fase di design si fonda sulla raccolta ed elaborazione dei dati ed ha per obiettivo lo sviluppo della struttura multicriteri dell'analisi attraverso la definizione delle relazioni tra gli obiettivi, gli attributi e le preferenze del Decision Maker (Malczewski, 1999). Un ruolo fondamentale in questa fase metodologica è rivestito dalle operazioni di standardizzazione e pesatura dei fattori considerati al fine di, rispettivamente, rendere le informazioni comparabili e determinarne l'importanza relativa. Infine, durante la fase di choice le alternative vengono valutate ed è utile sviluppare un'analisi di sensitività, al fine

di testare la robustezza del modello e ricavare opportune raccomandazioni.



**Figura 4.3.1.1** Il processo di decision-making a supporto della pianificazione (Fonte: elaborazione da Shari e Rodriguez, 2002)

Il termine "evidenza" in figura 4.3.1.1 si riferisce all'insieme totale dei dati e delle informazioni che il decisore ha a disposizione. L'evidenza può basarsi su fatti, valori, conoscenze o esperienze e rappresenta una risorsa chiave in tutte le fasi del processo decisionale. Una parte considerevole del supporto alla decisione è, infatti, rappresentata dalla raccolta, dalla valutazione e dall'organizzazione di questi dati in forme utili per l'analisi. L'analisi della letteratura (Ferretti, 2012a) ha inoltre messo in luce l'eterogeneità dei settori in cui i modelli di Analisi Multicriteri spaziale trovano applicazione. Negli ultimi anni il numero di pubblicazioni sul tema è infatti aumentato sensibilmente, spaziando dalla pianificazione urbana e regionale all'ambiente e all'ecologia, all'idrologia e alla gestione della risorsa acqua, al settore dei trasporti, a quello della localizzazione delle infrastrutture indesiderate, ecc. Tale trasversalità del metodo evidenzia la essibilità dell'approccio metodologico, nonché la vitalità dell'interesse scientifico verso lo stesso approccio da parte dei diversi settori disciplinari.

#### **4.3.2 Limiti e potenzialità**

L'integrazione tra Sistemi Informativi Geografici e metodi di Analisi Multicriteri costituisce dunque un campo di ricerca estremamente promettente a supporto delle procedure valutative in campo ambientale. L'approccio integrato di Analisi Multicriteri spaziale oltre a rappresentare uno strumento di analisi innovativo, consente di strutturare procedure per la realizzazione di scelte partecipate e consapevoli tramite la costruzione di veri e propri laboratori creativi, in cui è lo stesso processo decisionale, ovvero il percorso che conduce alla decisione, a generare apprendimento, ovvero capitale sociale e valore aggiunto. La Tabella 4.3.2.1 propone a conclusione del contributo un primo bilancio, aperto e provvisorio, al fine di evidenziare limiti e potenzialità dell'approccio integrato alla base dell'Analisi Multicriteri spaziale (Ferretti, 2012b).

Trattandosi di strumenti in grado di fornire risposte a problematiche valutative reali, i modelli di Analisi Multicriteri spaziale risultano di grande interesse per gli attuali attori del territorio, ovvero pianificatori, decision makers, policy makers e operatori di VIA e VAS. Garantendo infatti un processo razionale e ripercorribile di analisi e generazione di opzioni alternative spazialmente definite, essi possono fornire un supporto molto utile ad un settore decisamente ampio ed eterogeneo di problematiche decisionali, spaziando dalla redazione di Piani Regolatori comunali, alla fase di pianificazione strategica per la macrolocalizzazione di infrastrutture ed interventi di trasformazione del territorio, all'ottimizzazione della distribuzione di diversi usi del suolo. Come evidenziato in Tabella 4.3.2.1, particolare attenzione va prestata alla scala di applicazione dei modelli la quale risulta fortemente influenzata dalla qualità dei dati spaziali disponibili. Attualmente la maggior parte delle pubblicazioni (Ferretti, 2012a) fa infatti riferimento alla scala sovracomunale.

In conclusione, è utile sottolineare che l'uso pratico ed il successo degli strumenti di Analisi Multicriteri spaziali dipende fortemente da alcuni fattori fondamentali quali l'accessibilità del sistema, il coinvolgimento degli utilizzatori finali nello sviluppo del modello, lo sviluppo di un sistema flessibile, adattabile ed aggiornabile e l'adozione di un'interfaccia intuitiva che richieda limitati tempi di apprendimento per l'utilizzo del sistema.

**Tabella 4.3.2.1** L'Analisi Multicriteri spaziale: limiti e potenzialita.

<b>LIMITI</b>	<b>POTENZIALITA'</b>
Necessità di elaborazione preliminare sui dati prima di poterli adoperare nei software propri dell'Analisi Multicriteri Spaziale	Capacità di supportare un processo decisionale trasparente, partecipato e ripercorribile
Disponibilità ed accessibilità dei dati spaziali (raramente di tipo pubblico e comunque dispersi tra i vari enti)	Utilizzo di una interfaccia grafica (mappe)
Presenza di soggettività nella valutazione	Unione di dati spaziali e giudizi/preferenze in un GIS
Scala di applicazione del modello	Integrazione di dati ambientali con aspetti economici e sociali
	Raggiungimento di una maggiore efficacia ed efficienza del processo decisionale
	Ambiente flessibile di problem-solving
	Strutturazione logica delle attività del processo decisionale
	Strumento innovativo
	Possibilità di implementazione 3D
	Supporto significativo sia per la valutazione, sia per la pianificazione

## **5 MATERIALI E METODI**

### **5.1 Inquadramento territoriale**

L'articolazione territoriale della Calabria, con il 60% circa del suo territorio posto al di sopra della quota di 300 metri s.l.m. e con oltre 1000 bacini idrografici, testimonia l'evoluzione in atto di questo estremo lembo della penisola italiana.

L'assetto orografico del territorio calabrese, congiuntamente al contesto geologico, ne determina condizioni e scenari variegati, marcatamente differenti in relazione anche ai caratteri di permeabilità delle formazioni acquifere. Dal punto di vista orografico, la regione presenta cinque fondamentali unità: il massiccio calcareo del Pollino, la Catena Costiera Tirrenica, l'Altopiano Silano, le Serre e l'Aspromonte (ultime propaggini dell'Appennino Calabrese) ed infine le pianure. Quest'ultime occupano una modesta percentuale di porzione di territorio e sono individuabili fondamentalmente nella pianura alluvionale del Fiume Crati, nella piana di Gioia Tauro e nelle strette fasce costiere.

La forma del territorio calabrese, che assume l'andamento ad arco (Arco Calabro-Peleoritano), rappresenta l'attuale stato di massima distorsione della catena Appennino-Maghrebide che raccorda gli assi NW-SE dell'Appennino meridionale con quelli E-W delle Maghrebidi, che comprendono l'area siciliana. Tale torsione, con velocità ed entità di espansione massime nella parte meridionale, è legata all'attività geodinamica profonda (convergenza tra il blocco euroasiatico e quello africano), che comporta una forte attività tettonica, con l'insorgere di terremoti, un generale sollevamento con la genesi di forti energie di rilievo. In tale contesto, l'edificio tirrenico dell'Arco Calabro risulta formato da una serie di falde sovrapposte che iniziano con un basamento cristallino pre-Mesozoico (con marcate analogie con la struttura Austrosudalpina) talvolta coperto da una fascia meso-cenozoica con caratteristiche simili a quella delle Alpi. Si tratta di falde derivanti da tale margine alpino impilatesi inizialmente con "direzione europea".

Successivamente, la struttura di rocce molto antiche, è stata trasportata in blocco con "direzione" africana ed incorporata alla catena Appenninico-Maghrebide, in fase di costruzione.

Questa tendenza evolutiva, fortemente attiva nel Paleocene e Miocene, ha avuto forti impulsi nel Quaternario ed è ancora attiva. E' a questa evoluzione che deve essere attribuita la genesi di importanti discontinuità (faglie e fratture), successivamente ereditate dalle masse rocciose, e la formazione horst (alti) e graben (ampie depressioni, Graben del Crati, di Paola, di Catanzaro, del Mesima ecc.), con la deposizione all'interno di quest'ultimi di terreni sedimentari continentali e marini per lo più sabbioso-argillosi e conglomeratici. Le conseguenze di tale dinamica sono rappresentate, da un lato, dallo sviluppo di elevate energie di rilievo e, quindi, di versanti acclivi e instabili anche a causa del generale decadimento dei caratteri fisici dei terreni e, dall'altro, dalla repentina modifica della circolazione delle masse d'aria, sia di provenienza jonica sia tirrenica, e

l'insorgere quindi di condizioni climatiche del tutto peculiari.

Sulla base dei dati ad oggi disponibili, l'Arco Calabro può essere suddiviso in macrozona, separate dalle grandi strutture depressionarie trasversali originatesi a partire dal Plio-Pleistocene:

- a. Macrozona Catena Costiera-Sila;
- b. Macrozona Serre-Aspromonte

#### *Catena Costiera-Sila*

Essa è caratterizzata dalla presenza sia di metamorfiti ofiolifere di basso, medio ed alto grado, oggi affioranti dopo una precoce subduzione, sia di lembi del basamento cristallino correlabili alle unità liguri-piemontesi e a quelle austroalpine delle Alpi occidentali. Le forti energie di rilievo e la natura litologica degli affioramenti di questa zona, che comprendono anche argilliti, argilloscisti e filladi, conferiscono un elevato grado di erosione e instabilità che si manifesta con movimenti di massa diffusi e spesso di grandi dimensioni. I corsi d'acqua sono poco evoluti e presentano elevate pendenze dell'alveo: in tali condizioni gli eventi climatici innescano portate di piena molto elevate con forti tassi di erosione nelle zone montane, al di sopra dei 500 ms.l.m., ed esondazioni e alluvionamenti nelle parti poste alle quote più basse.

#### *Serre-Aspromonte*

La struttura "Serre-Aspromonte" è costituita dal complesso sia granitico sia metamorfico, il primo predominante nel Massiccio delle Serre, il secondo nel Massiccio dell'Aspromonte, anche se limitati affioramenti di entrambe le formazioni si trovano nei due domini.

Il Massiccio delle Serre è suddiviso in due unità principali: l'Unità di Polia-Copanella caratterizzata dalla presenza di terreni granitoidi, e l'Unità di Stilo, che può essere suddivisa in una subunità. La prima di tipo granitico e la seconda di tipo metamorfico di basso-medio grado. Il Massiccio dell'Aspromonte, esclusi i lembi dell'Unità di Stilo a Nord, è caratterizzato, prevalentemente, dalla potente Unità del basamento molto antico (Ercinico) formato da rocce metamorfiche di medio-alto grado intruse da rocce granitoidi.



## 5.2 Ambiti amministrativi

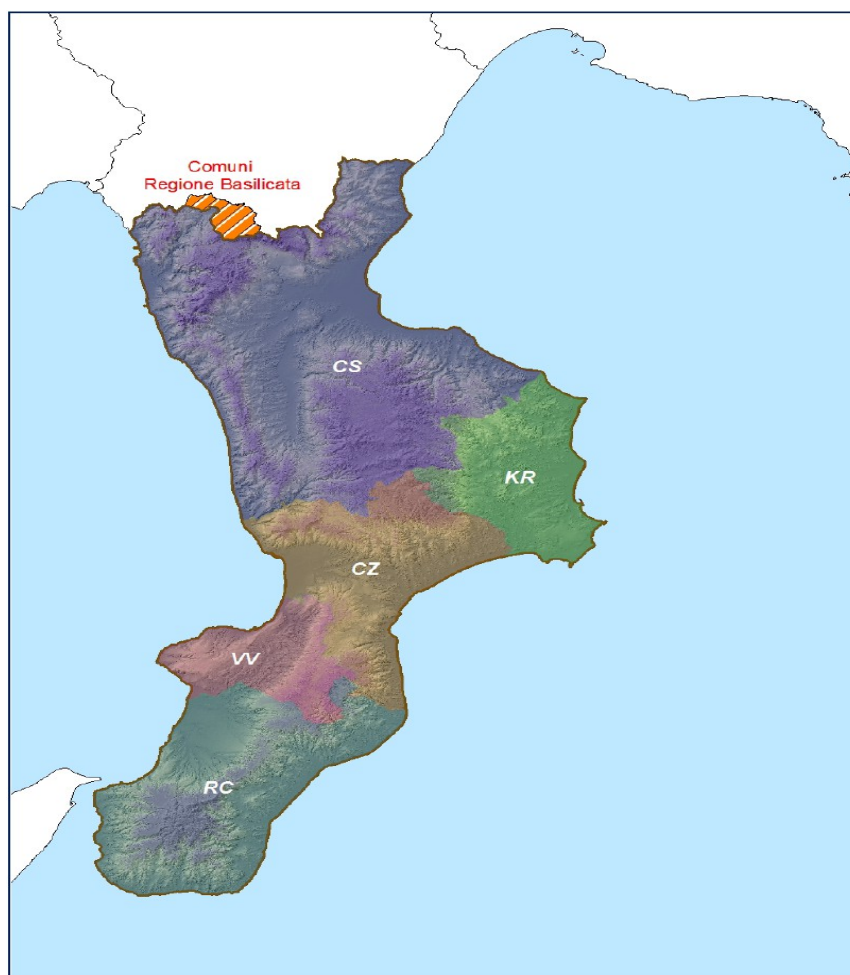
Il territorio dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria interessa complessivamente tutti i comuni ricadenti nelle 5 province di competenza (Catanzaro, Cosenza, Reggio Calabria, Crotone e Vibo Valentia) e qualche comune della Regione Basilicata il cui territorio rientra nell'area del bacino idrografico del fiume Lao.

La Competent Authority (CA) dei bacini idrografici della Regione Calabria e del bacino del fiume Lao è l'AdB Regionale Calabria.

Nella tabella 5.2.1 sono riportati i dati amministrativi delle province calabresi, mentre la figura 5.2.1 mostra su mappa i limiti amministrativi della Regione Calabria.

**Tabella 5.2.1** Dati amministrativi delle province calabresi.

<b>CALABRIA</b>			
<b>Provincia</b>	<b>Superficie totale (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Comuni Totali</b>	<b>Popolazione Totale (ab)</b>
Catanzaro	2389	80	367,990
Cosenza	6649	155	733,508
Crotone	1716	27	173,370
Reggio Calabria	3182	97	566,507
Vibo Valentia	1143	50	167,334
<b>Totale</b>	<b>15079</b>	<b>409</b>	<b>2,008,709</b>



**Figura 5.2.1** Limiti amministrativi della Regione Calabria

### 5.3 Ambiti territoriali

Come da accordi presi con l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) durante la fase di compilazione delle tabelle inerenti la Flood Hazard Risk Maps (FHRM), effettuata nel mese di marzo 2014, l'inquadramento territoriale tiene conto di una Unit of Management (UoM) costituita dalla Regione Calabria e dal bacino idrografico interregionale del fiume Lao, ricadente in parte nel territorio della Regione Basilicata. La superficie complessiva della UoM, ricavata dalla somma delle singole superfici delle aree programma, risulta pari a circa 15143 km<sup>2</sup>.

Nella Uo di interesse, sono state individuate 14 aree programma figura 5.3.2, rappresentanti le Unità di Analisi (UA), di cui 1 ricadente in parte, nella regione della Basilicata.

Le 13 aree programma regionali e quella interregionale sono state individuate accorpendo superfici contigue che presentano uniformità di caratteristiche fisico-territoriali e affinità di problematiche di riequilibrio idrologico e di risanamento ambientale, in conformità agli indirizzi fissati nel DPMC 23 marzo 1990 (art. 2.3).

Le aree programma così individuate sono:

Area 1: Bacini tirrenici fra i fiumi Lao e Savuto;

Area 2: Bacini del fiume Crati;

Area 3: Bacini del versante Ionico Settentrionale;

Area 4: Bacini del versante Ionico Centrale fra il fiume Crati ed il fiume Nicà;

Area 5: Bacini del versante Ionico Centrale fra il fiume Nicà ed il fiume Neto;

Area 6: Bacini idrografici dei fiumi Neto e minori;

Area 7: Bacini idrografici dei fiumi Corace, Tacina e minori;

Area 8: Bacini idrografici dei fiumi Amato, Angitola e minori;

Area 9: Bacini idrografici del versante Ionico Meridionale Superiore;

Area 10: Bacini idrografici del fiume Mesima e minori;

Area 11: Bacini idrografici del fiume Petrace e minori;

Area 12: Bacini idrografici del versante Ionico Meridionale Inferiore;

Area 13: Bacini Meridionali fra il Mare Ionio e Tirreno zona dello Stretto

Area 14: Bacino Interregionale del fiume Lao, con bacini dell'alto tirreno

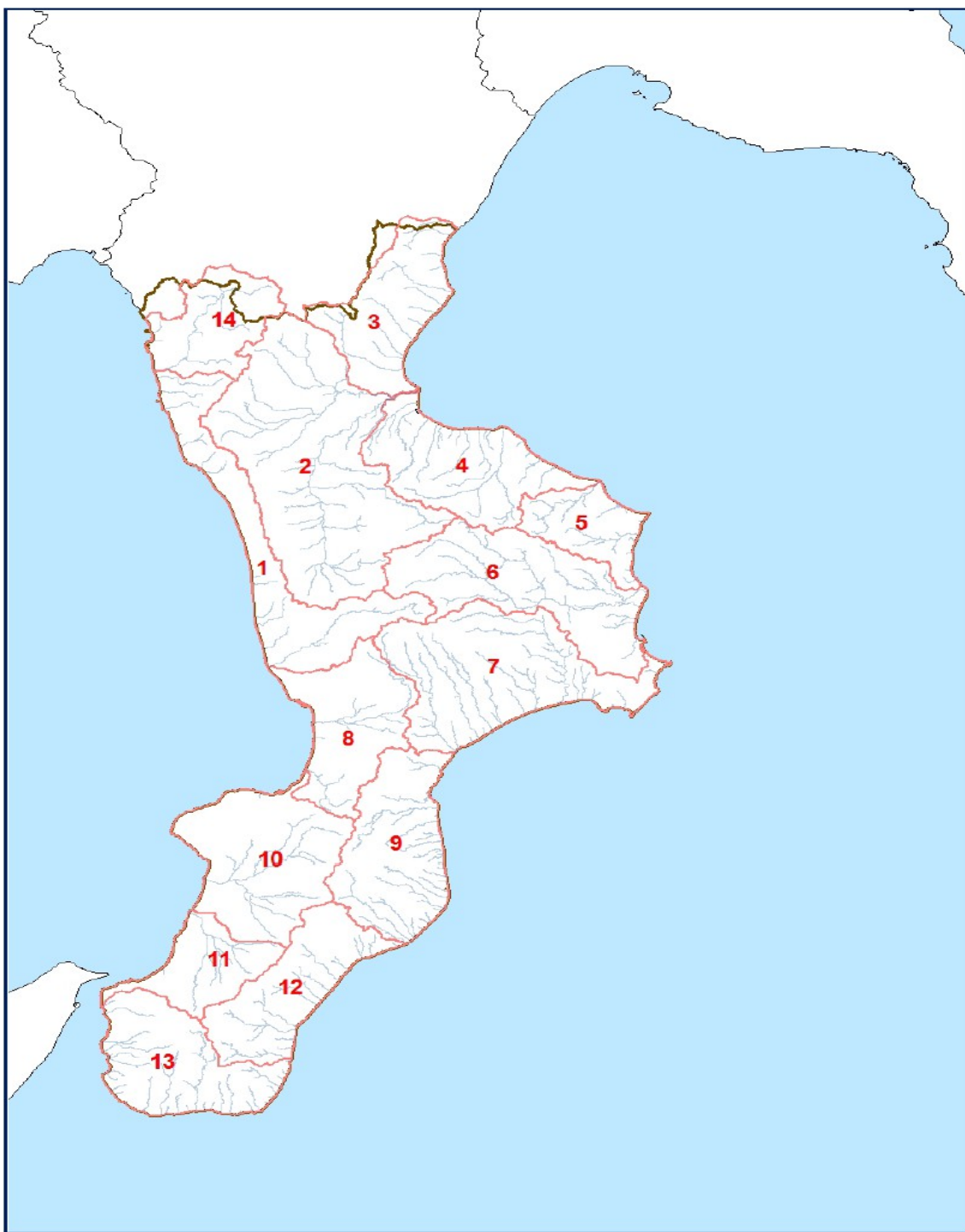
A causa dell' orografia molto accidentata della Regione Calabria, i bacini idrografici calabresi presentano una conformazione per lo più stretta ed allungata verso il mare. Questo tipo di bacino, detto "fiumara", copre circa il 32% del territorio regionale influenzandone l'assetto urbanistico ed agricolo.

Il numero totale dei bacini idrografici che delineano il territorio calabrese è pari a circa 1000 tabella 5.3.2.

Essi sono costituiti prevalentemente da superfici di piccole dimensioni. Infatti il 44,5% dei bacini idrografici ha una superficie inferiore a 1 kmq, il 40,4 % dei bacini idrografici ha una superficie compresa tra 1 kmq e 10 kmq e solo l'1% dei bacini idrografici risulta avere una superficie superiore ai 200 kmq. I corpi idrici significativi, con superficie maggiore di 200 kmq sono i seguenti: Fiume Crati, Fiume Neto, Fiume Mesima, Fiume Lao, Fiume Amato, Fiume Tacina, Fiume Petrace, Fiume Savuto, Fiume Corace, Torrente Trionto. I corsi d'acqua più numerosi mancano in genere, del tratto pedemontano e dopo un breve e rapido percorso nella zona montana, sboccano nelle pianure costiere, con alvei larghi più di un chilometro solcati da una rete di canali appena incisi costituenti il letto di magra.

**Tabella 5.3.2** Numero totale dei bacini idrografici che delineano il territorio calabrese

<i>AREA BACINI IDROGRAFICI</i>	<i>NUMERO TOT</i>	<i>%</i>
SUP < 1 Km <sup>2</sup>	446	44,5 %
1 Km <sup>2</sup> ≤ SUP < 10 Km <sup>2</sup>	405	40,4 %
10 Km <sup>2</sup> ≤ SUP < 20 Km <sup>2</sup>	48	4,8 %
20 Km <sup>2</sup> ≤ SUP < 30 Km <sup>2</sup>	26	2,6 %
30 Km <sup>2</sup> ≤ SUP < 40 Km <sup>2</sup>	14	1,4 %
40 Km <sup>2</sup> ≤ SUP < 50 Km <sup>2</sup>	8	0,8 %
50 Km <sup>2</sup> ≤ SUP < 100 Km <sup>2</sup>	31	3,1 %
100 Km <sup>2</sup> ≤ SUP < 200 Km <sup>2</sup>	15	1,5 %
SUP ≥ 200 Km <sup>2</sup>	10	1,0 %
<b><i>TOTALE</i></b>	<b><i>1003</i></b>	<b><i>100,0 %</i></b>



**Figura 5.3.2** Aree programma regione Calabria

## **5.4 Analisi multicriteri geografica**

L'obiettivo di questa fase del lavoro è stato quello di strutturare un'analisi multicriteri geografica utile ad individuare le possibili aree idonee all'installazione di centrali idroelettriche con potenze inferiori ad 1 MW.

Per impostare l'analisi multicriteri si è seguito l'approccio dell'analisi gerarchica (Analytic Hierarchy Process, AHP).

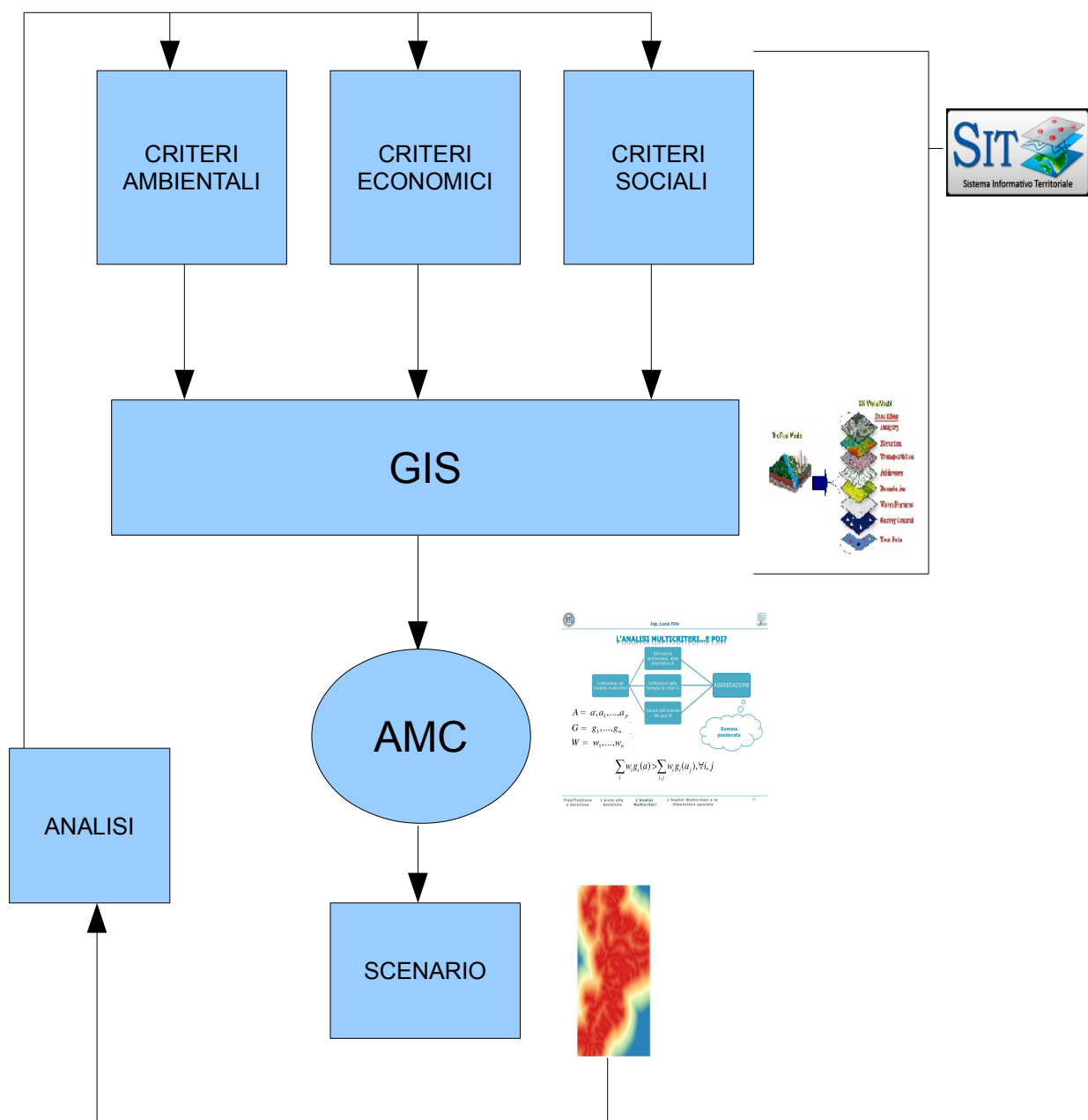
Secondo la teoria dell'AHP, colui che si trova a dover prendere una decisione è sempre in grado di esprimere una preferenza. Inoltre il problema decisionale può essere affrontato secondo fasi distinte, ovvero: la destrutturazione del problema (albero gerarchico), il confronto a coppie degli elementi costitutivi del problema e la ricomposizione/aggregazione al fine di raggiungere l'obiettivo. Tali fasi adottate in questo lavoro, sono descritte nei paragrafi successivi.

Durante l'AMC, nella definizione dell'albero gerarchico e nell'assegnazione dei valori e dei pesi, si è fatto riferimento a valutazioni/scelte soggettive.

### **5.4.1 Flusso di lavoro**

Sono stati utilizzati tre criteri principali: Criterio Ambientale, Economico e Sociale. Ognuno di questi criteri è composto da attributi ai quali è stato assegnato un valore di normalizzazione espresso su una scala da 1 a 5, in relazione al descrittore utilizzato per l'attributo stesso; i valori sono stati assegnati in maniera soggettiva in base al grado di significatività di un descrittore rispetto ad un altro. Tramite un sistema GIS, sistema progettato per ricevere, immagazzinare, elaborare, analizzare, gestire e rappresentare dati di tipo geografico si è creata l'informazione geospaziale. Con l'analisi AMC descritta di seguito, è stato possibile ricavare l'informazione spaziale finale in cui vengono individuate le aree potenzialmente idonee al nostro scopo.

In figura 5.3.1 è rappresentato il flusso di lavoro seguito per individuare tramite analisi multicriteri geografica, le aree potenzialmente idonee per l'installazione del mini idroelettrico;

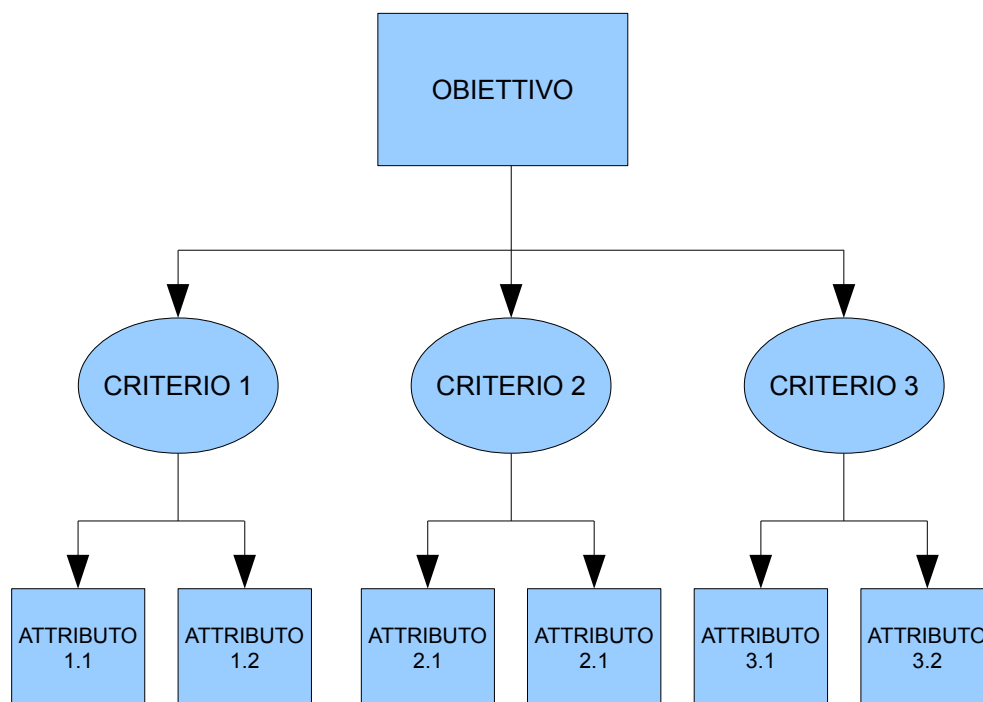


**Figura 5.4.1** Flusso di lavoro

### 5.4.2 Destrutturazione

In questa fase è stata definita la struttura gerarchica del problema complesso individuando l'obiettivo dell'AMC e i suoi elementi descrittivi.

Il problema analizzato è stato quindi destrutturato secondo una gerarchia simile a quella delineata in Figura 5.3.1: l'obiettivo principale al vertice, i criteri e gli attributi che lo descrivono collocati nei livelli via via inferiori.

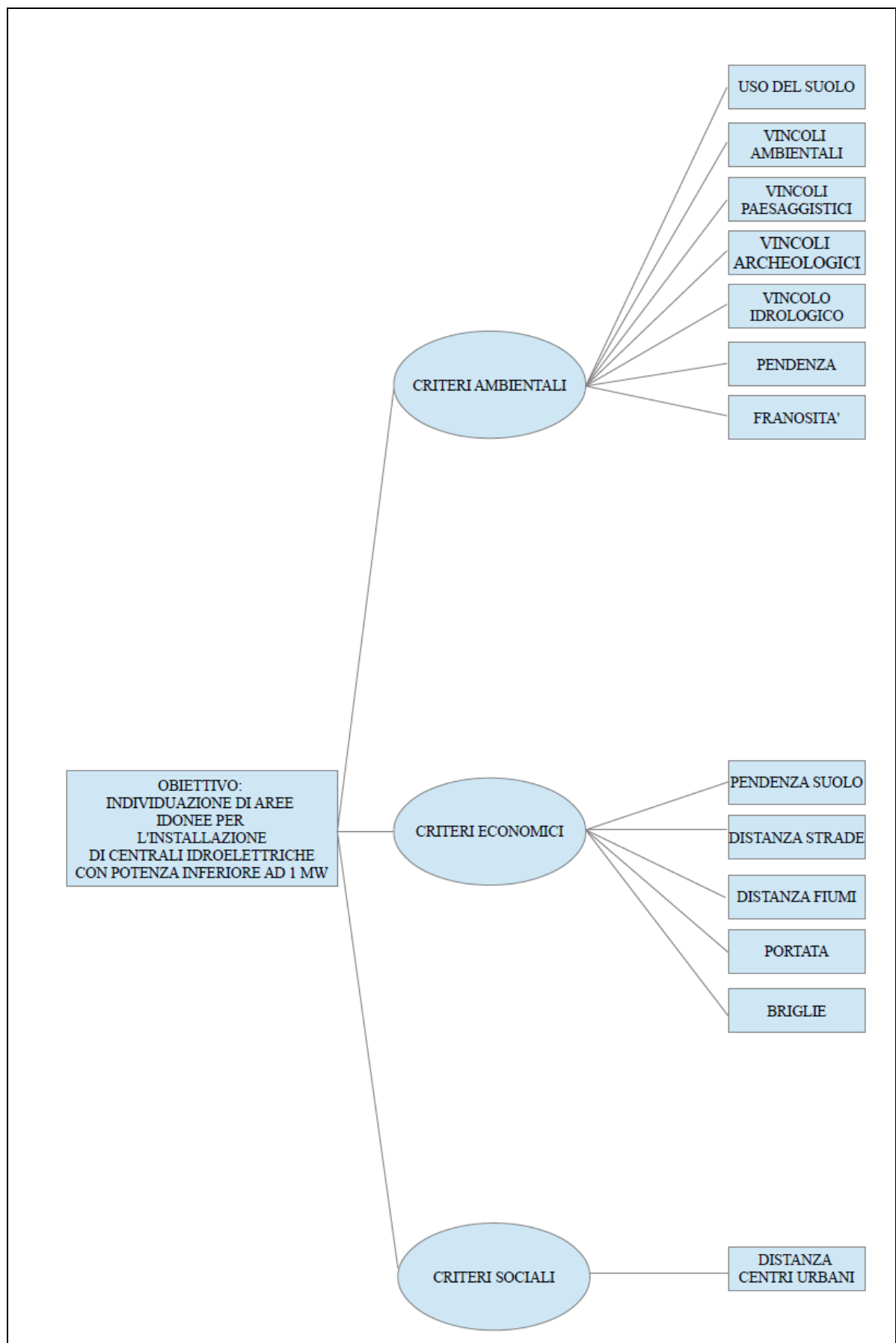


**Figura 5.4.2** Destrutturazione gerarchica dell'Analisi Multicriteri

I problemi della gestione e valorizzazione di un territorio riguardano solitamente tre dimensioni: ambientale, sociale ed economico. Per la costruzione della matrice multicriteri si è quindi deciso di mantenere questa impostazione. L'obiettivo finale dell'AMC è stato quindi destrutturato secondo tre criteri (criterio ambientale, criterio sociale, criterio economico). L'albero gerarchico definitivo costruito per lo studio, è riportato nella figura 5.4.2 e 5.4.3. Nell'individuazione e nella caratterizzazione degli attributi si è fatto riferimento alle caratteristiche specifiche territoriali della regione Calabria.

In linea di principio, in una AMC i criteri e gli attributi possono assumere qualsiasi forma, sia quantitative che qualitative e questo costituisce un punto di forza dell'analisi.





**Figura 5.4.3** Albero gerarchico dell'Analisi Multicriteri

L'albero gerarchico è quindi costituito da tre criteri e dai relativi attributi; in particolare, sono stati individuati:

- per il criterio ambientale, 7 attributi;
- per il criterio sociale, 5 attributi;
- per il criterio economico, 1 attributo.

Per lavorare al meglio con i dati a disposizione e costruire una matrice facilmente consultabile e modificabile, è stata creata una tabella in base all'impostazione dell'albero gerarchico, in cui è possibile anche visualizzare la fonte dei dati utilizzata per ciascuno attributo e descrittore utilizzato tabella 5.4.2.

Come si può osservare nella figura 5.4.3, gli elementi dell'albero gerarchico sono costituiti per lo più da aspetti che descrivono e caratterizzano il territorio. Sono presenti, però, anche aspetti critici, quali la franosità e la vincolistica, che possono costituire invece un ostacolo per l'implementazione delle centrali di mini idroelettrico.

Si sono scelti tutti quegli attributi che servono a definire l'area di studio;

tutti gli attributi possono quindi essere consultati e/o elaborati attraverso un software Gis al fine di individuare le aree potenzialmente idonee per la costruzione degli impianti. Ogni elemento può essere rappresentato secondo due modelli (o formati) diversi: il modello vettoriale e il modello a superfici continue.

Nel modello vettoriale, ogni elemento geografico viene scomposto nella sua geometria di base, vale a dire punti, linee o poligoni (anche dette "primitive geografiche"), localizzati grazie a coordinate geografiche. Secondo questo modello la rappresentazione del territorio non avviene solo in termini di posizione geografica, ma anche in termini descrittivi. Ad ogni punto, linea o poligono può essere sempre associata una tabella alfanumerica in cui sono conservate le informazioni relative a un determinato elemento geografico. Dal punto di vista della semplice rappresentazione, la possibilità di avere una tabella di attributi associata agli elementi geografici permette di realizzare più cartografie tematiche, evidenziando le diverse informazioni contenute nella tabella degli attributi. Al di là di questo, la tabella associata può essere estremamente utile per effettuare ricerche specifiche (anche dette interrogazioni o *query*) che, ad esempio, permettano di evidenziare dove due o tre condizioni si verifichino contemporaneamente.

Il modello a superfici continue, invece, solitamente è adottato ogni volta che si ha la necessità di rappresentare una variabile continua nello spazio, anche detta "campo" (come la temperatura dell'aria o la quota sopra il livello del mare, ad esempio), che viene implementata in un modello generico detto "a mosaico". Esistono due tipi di mosaici: quelli composti da celle irregolari (*Triangulated Irregular Network*, TIN) e quelli composti

da celle regolari o quadrate (*raster*). Ogni cella corrisponde, nella realtà, ad una estensione del territorio. Ad esempio, nel caso del raster, ad esclusione delle aree che bordano la regione che si sta rappresentando, ogni cella è sempre circondata da altre 8 celle con soluzione di continuità, a coprire interamente e uniformemente tutto il territorio rappresentato. Nel caso di modelli a superfici continue, il dato geografico è corredato anche dall'informazione di tipo spaziale; ovvero, ad ogni pixel corrisponde una combinazione di coordinate geografiche che ne permettono l'esatta ubicazione in un sistema di riferimento geografico.

Ogni elemento dell'albero gerarchico possiede una corrispettiva rappresentazione spaziale; nella quasi totalità dei casi gli elementi sono descritti secondo il modello vettoriale, ad eccezione dell'altimetria, rappresentata da un modello digitale del terreno (*Digital Terrain Model*, DTM) in formato raster.

Per la consultazione e l'elaborazione dei dati spaziali e per la creazione delle carte si è utilizzato il software gratuito "Quantum Gis" (Q-Gis), versione 2.8.3.. Il sistema di riferimento utilizzato è stato il WGS 84 (EPSG 4326).

Qui di seguito si effettua, per ciascun attributo dell'albero gerarchico, una breve descrizione, corredata dalla corrispettiva informazione spazializzata (le carte sono state elaborate con il software Q-Gis).

## 5.5 Descrizione criteri utilizzati

### CRITERIO AMBIENTALE

Questo criterio racchiude tutti quegli attributi che contribuiscono a descrivere e a caratterizzare il territorio da un punto di vista ambientale, al tipo di uso del suolo, alle aree di tutela ambientale ed alle fragilità presenti.

#### Uso del suolo:

In questo criterio sono stati scelti 6 indicatori quali: zone urbanizzate di tipo residenziale, zone verdi artificiali non agricole, seminativi, colture permanenti, zone agricole eterogenee e zone boscate. La legenda è stata creata con l'ausilio del CORINE Land cover 2000 figura R1.

La carta di uso e copertura del suolo risulta, inoltre il primo tassello per la determinazione dei valori di biodiversità e naturalità delle aree della Rete Ecologica Regionale nonché più in generale per la modellizzazione e la comprensione del "Sistema Terra". I geodati dell'uso e copertura del suolo sono stati reperiti dal Geoportale della Regione Calabria

#### Vincoli ambientali

Questo attributo riguarda le aree SIC, SIN, ZPS, SIR, Oasi e Riserve nonché Parchi Nazionali e Regionali.

I siti della Rete Natura 2000 sono stati individuati attraverso il database geografico fornito dall'Assessorato all'Ambiente della Regione Calabria. Rete Natura 2000, DIRETTIVA "HABITAT" e DIRETTIVA "UCCELLI" -Zone Speciali di Conservazione (ZSC) - Zone di Protezione Speciale (ZPS) - Siti d'Interesse Nazionale (SIN) e Siti d'Interesse Regionale (SIR) - ZPS, Zone di Protezione Speciale - Decreto del Ministero dell'Ambiente 25 marzo 2005 (G.U n. 155 del 6 luglio 2005) misure di salvaguardia di cui all'art. - 7 della L.R. 23/90 deliberazione della Giunta Regionale n. 604 del 27/06/2005. Deliberazione della Giunta Regionale n. 607 del 27/06/2005. Figura R2.

#### Vincolo paesaggistico

I vincoli paesaggistici riguardano in particolare 3 indicatori che sono: centri storici, territori alpini ed i vincoli architettonici e sono classificati per provincia, comune, categoria e superficie.

#### Vincolo archeologico

I vincoli di tipo archeologico riguardano principalmente piccole zone costiere ed alcune zone dell'entroterra come riportate in Figura R4.

#### Vincoli idrogeologici ed aree di frana

I vincoli idrogeologici sono principalmente collegati ai corsi d'acqua superiori, ai territori costieri ed ai laghi presenti nella Regione. Sulla base dei dati esistenti (cartografia PAI, Progetti CNR - Regione Calabria, e studi scientifici specifici per determinate aree), il QTR/P individua i vincoli idrogeologici, rappresentati dalla specifica cartografia. Le aree in frana rappresentano i vincoli idrogeologici relativi alla franosità e i dati sono stati suddivisi e descritti in maniera differenziata Figure R5 ed R6.

#### Pendenza suolo

La pendenza del suolo figura R7 mostra le cinque classi di dislivello espressi in percentuale e riportati in tabella 5.4.2.

#### CRITERIO ECONOMICO

Questo criterio racchiude quegli attributi legati ad aspetti prettamente economici che incidono sulla fattibilità dell'opera da un punto di vista di convenienza economica.

Gli attributi considerati sono: la pendenza del suolo espressa in percentuale, la distanza dalle strade, la distanza dai fiumi, la portata dei fiumi e la presenza di briglie.

#### CRITERI SOCIALI

Il criterio sociale riguarda l'accettabilità dell'opera che nel caso specifico è stata descritta con la distanza dai centri urbani considerando verosimilmente che gli eventuali conflitti indotti dalla realizzazione di una centrale idroelettrica siano maggiori in queste aree e minori nelle aree più distanti.

Una volta individuati gli attributi, si è proceduto ad assegnare a ciascun di essi un “*valore di normalizzazione*”, facendo ricorso a scelte soggettive.

Sono stati quindi assegnati dei valori compresi fra 1 e 5, secondo la scala riportata nella tabella 5.5.1, applicando funzioni di utilità (crescenti, decrescenti, spezzate) diverse a seconda di ogni caso specifico, in tabella 5.5.2 è riassunto l'albero gerarchico con i valori di normalizzazione assegnati ai sotto-criteri

**Tabella 5.5.1** Scala per l'assegnazione dei valori di normalizzazione

<b>VALORE</b>	<b>SIGNIFICATO</b>	<b>SITUAZIONE</b>
<b>1</b>	Pessimo (--)	Situazione nettamente negativa
<b>2</b>	Insufficiente (-)	Situazione negativa
<b>3</b>	Sufficiente (0)	Situazione neutrale
<b>4</b>	Buono (+)	Situazione positiva
<b>5</b>	Eccellente (++)	Situazione nettamente positiva

Parallelamente all'assegnazione dei valori si è quindi effettuata la trasformazione, attraverso il software Q-Gis, dei file vettoriali degli attributi in file in formato raster; tale procedimento è noto come “rasterizzazione”. Lo scopo di questa fase è stato quello di trasformare tutti i *layer* (file) vettoriali in *layer* in formato raster dove ogni cella (pixel), di dimensione fissata (30x30 m), porta con sé l'informazione relativa al valore di quel determinato attributo. Per ognuno di essi si è ottenuta una carta in formato raster in cui ogni pixel, possiede un valore compreso fra 1 e 5.

## 5.6 Confronto a coppie

Il confronto a coppie è uno dei metodi più utilizzati per la determinazione dei pesi degli elementi che costituiscono l'albero gerarchico. Esso si basa sul confronto diretto di ciascuna coppia di criteri (o attributi, o sotto-attributi) e il risultato di tutti i confronti rappresenta l'espressione di quanto è più importante un elemento rispetto agli altri. Dalla matrice di confronto associata è possibile ricavare una serie completa di pesi, uno per ciascun elemento.

In questo lavoro i pesi sono stati assegnati rispettando la scala d'intensità riportata nella tabella 5.6.1.

**Tabella 5.6.1** Scala d'intensità per l'assegnazione dei pesi.

IMPORTANZA	DEFINIZIONE	SIGNIFICATO
<b>0</b>	Bassa Importanza	L'elemento nella riga è meno importante dell'elemento nella colonna
<b>0,5</b>	Uguale Importanza	L'elemento nella riga e quello nella colonna hanno pari importanza
<b>1</b>	Alta Importanza	L'elemento nella riga è più importante dell'elemento nella colonna

Nelle tabelle sono riportate, come esempio esplicativo per la metodologia adottata, la matrice del confronto a coppie per gli attributi dei criteri ambientale, economico e sociale. Solitamente nella matrice del confronto a coppie è inserito anche un "valore fittizio", per evitare che un attributo (molto penalizzato) abbia, come risultato finale, peso nullo. Il peso di ciascun attributo è infine normalizzato.

Nella tabella 5.6.2, 5.6.3, 5.6.4 sono riportate le matrici del confronto a coppie per gli attributi del criterio ambientale, economico e sociale.

**Tabella 5.6.2** Matrice del confronto a coppie del criterio ambientale

CRITERIO AMBIENTALE	USO DEL SUOLO	VINCOLI AMBIENTALI	VINCOLO PAESAGGISTICO	VINCOLO ARCHEOLOGICO	VINCOLO IDROGEOLOGICO	PENDENZA	FRANOSITA'	CFITTIZIO	PESO	WP
USO DEL SUOLO		0	0	0	0	0	0	1	1	0,04
VINCOLI AMBIENTALI	1		1	1	0,5	1	1	1	6,5	0,23
VINCOLO PAESAGGISTICO	1	0		1	0	1	1	1	5	0,18
VINCOLO ARCHEOLOGICO	1	0	0		1	1	0	1	4	0,14
VINCOLO IDROGEOLOGICO	1	0,5	1	0		1	0,5	1	5	0,18
PENDENZA	1	0	0	0	0		0	1	2	0,07
FRANOSITA'	1	0	0	1	0,5	1		1	4,5	0,16
									28	1

**Tabella 5.6.3** Matrice del confronto a coppie del criterio economico

CRITERIO ECONOMICO	PENDEZA SUOLO	DISTANZA STRADE	DISTANZE FIUMI	PORTATA	BRIGLIE	CFITTIZIO	PESO	WP
PENDEZA SUOLO		0	0	0	0,5	1	1,5	0,1
DISTANZA STRADE	1		0	0	0,5	1	2,5	0,17
DISTANZE FIUMI	1	1		1	1	1	5	0,33
PORTATA	1	1	0		1	1	4	0,27
BRIGLIE	0,5	0,5	0	0		1	2	0,13
							15	1

**Tabella 5.6.4** Matrice del confronto a coppie del criterio sociale

CRITERIO SOCIALE	DISTANZA CENTRI URBANI	CFITTIZIO	PESO	WP
DISTANZA CENTRI URBANI		1	1	1
			1	1



In fine è stata creata la matrice finale del confronto a coppie dei criteri per stabilire quale criterio fosse più importante rispetto all'altro tabella 5.6.5.

**Tabella 5.6.5** Matrice del confronto a coppie tra i criteri ambientale, sociale ed economico.

CONFRONTO TRA CRITERI	CRITERI SOCIALI	CRITERI AMBIENTALI	CRITERI ECONOMICI	CFITTIZIO	PESO	WP
CRITERI SOCIALI		0	0	1	1	0,17
CRITERI AMBIENTALI	1		1	1	3	0,50
CRITERI ECONOMICI	1	0		1	2	0,33
					6	1

Il confronto a coppie è stato applicato per determinare i pesi di ciascun criterio e attributo. Per la determinazione del valore da assegnare a ciascun elemento, secondo la scala di intensità sono state fatte valutazioni soggettive.

## **RISULTATI**

Dai valori di normalizzazione applicati agli attributi (tabella R0), sono state ottenute le carte rasterizzate degli attributi stessi; come si evince dalla cartografia prodotta (vedi figure da R1 a R11) le zone individuate hanno un valore compreso tra 1 e 5 in base ai descrittori utilizzati. Ad esempio nel criterio uso del suolo, alle zone urbanizzate residenziali è stato assegnato, in maniera soggettiva, un valore pari a 2 che corrisponde ad una situazione negativa per la presenza di queste aree, mentre è stato assegnato un valore pari a 4 per la presenza di zone boscate. Per quanto riguarda i vincoli invece, è stato scelto il descrittore (presenza) assegnando un valore pari a 2 alle aree in cui è presente il vincolo. Per la pendenza del suolo è stato scelto come descrittore la percentuale di pendenza del terreno, assegnando un valore pari a 5, situazione nettamente positiva, per pendenze comprese tra 0 e 5%, mentre è stato assegnato un valore pari ad 1, situazione nettamente negativa, per pendenze maggiori al 20%.

Per quanto riguarda il criterio economico oltre a considerare l'attributo pendenza del suolo, è stata considerata sia la distanza dai corsi d'acqua principali che la distanza dalle strade principali assegnando un valore pari a 5 per distanze che vanno da 0 a 100 metri dai corsi d'acqua principali e un valore pari a 1 per distanze superiori ai 500 metri, mentre si è assegnato un valore pari a 4 per distanze dalle strade comprese tra 0 e 100 metri e 1 per distanze superiori ai 500 metri.

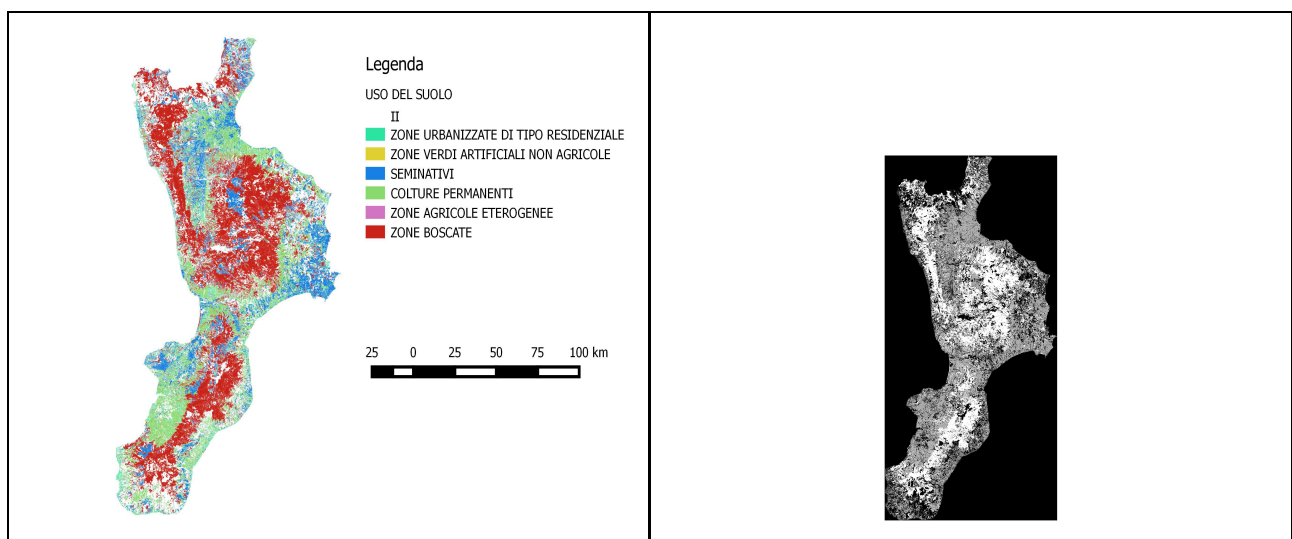
Per il criterio sociale è stata presa in considerazione la distanza dai centri urbanizzati, assegnando un valore pari ad 1 per distanze comprese tra 0 e 100 metri e un valore pari a 5 per distanze maggiori ai 1000 metri.

**Tabella R0** Schema riassuntivo contenente tutti i dati dell'albero gerarchico impostato per l'analisi multicriteri.

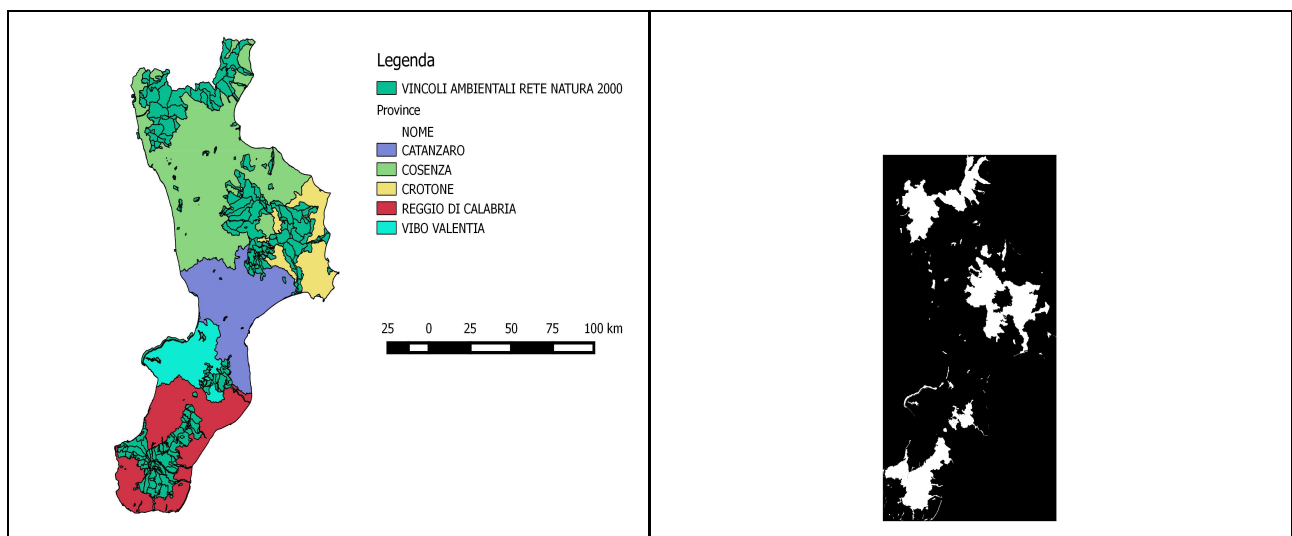
CRITERIO	ATTRIBUTO	SOTTOATTRIBUTO	DESCRITTORI	VALORE DI NORMALIZZAZIONE	FONTE
AMBIENTALE	USO DEL SUOLO	ZONE URBANIZZATE RESIDENZIALI	Prsenza	2	GEOPORTALE REGIONE CALABRIA
		ZONE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE	Presenza	3	
		SEMINATIVI	Presenza	2	
		COLTURE PERMANENTI	Presenza	1	
		ZONE AGRICOLE ETEROGENEE	Presenza	2	
		ZONE BOSCADE	Presenza	4	
	VINCOLO AMBIENTALE	SIC	Presenza	2	
		SIN	Presenza		
		SIR	Presenza		
		ZPS	Presenza		
		OASI E RISERVE	Presenza		
		PARCHI NAZIONALI	Presenza		
		PARCHI REGIONALI	Presenza		
	VINCOLO PAESAGGISTICO	CENTRI STORICI	Presenza	2	
		TERRITORI ALPINI	Presenza		
		AREE ARCHITETTONICHE	Presenza		
	VINCOLO ARCHEOLOGICO		Presenza	2	
	VINCOLO IDROLOGICO	CORSI D'ACQUA	Presenza	2	
		AREE COSTIERE	Presenza		
		AREE VICINO AI LAGHI	Presenza		
	PENDENZA		0 – 5 %	5	
			5 – 10 %	4	
			10 – 15 %	3	
			15 – 20 %	2	
			Maggiore al 20%	1	
	FRANOSITA'		Presenza	1	
			Assenza	5	

CRITERIO	ATTRIBUTO	DESCRITTORI	VALORE DI NORMALIZZAZIONE	FONTE
ECONOMICO	DISTANZA DAI CORSI D'ACQUA PRINCIPALI	Distanza 0 – 100 m	5	GEOPORTALE REGIONE CALABRIA
		Distanza 100 – 200 m	4	
		Distanza 200 – 350 m	3	
		Distanza 350 – 500 m	2	
		Distanza Maggiore a 500 m	1	
	PENDENZA DEL SUOLO	0 – 5 %	5	
		5 – 10 %	4	
		10 – 15 %	3	
		15 – 20 %	2	
		Maggiore al 20%	1	
	DISTANZA DALLE STRADE PRINCIPALI	Distanza 0 – 100 m	5	
		Distanza 100 – 250 m	4	
		Distanza 250 – 350 m	3	
		Distanza 350 – 500 m	2	
		Distanza Maggiore a 500 m	1	

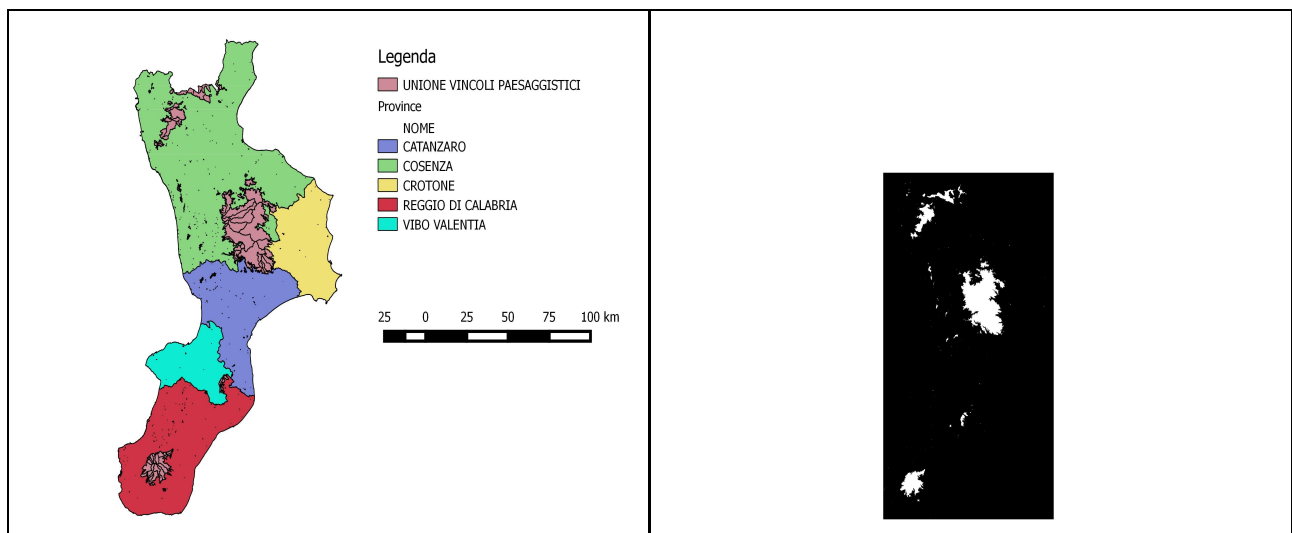
CRITERIO	ATTRIBUTO	DESCRITTORI	VALORE DI NORMALIZZAZIONE	FONTE
SOCIALE	DISTANZA CENTRI URBANI	0 – 100 m	1	GEOPORTALE REGIONE CALABRIA
		100 – 150 m	2	
		150 – 350 m	3	
		350 – 500 m	4	
		Maggiore di 500 m	5	



a) **Figura R1:** Uso del suolo a) formato vettoriale b) formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)



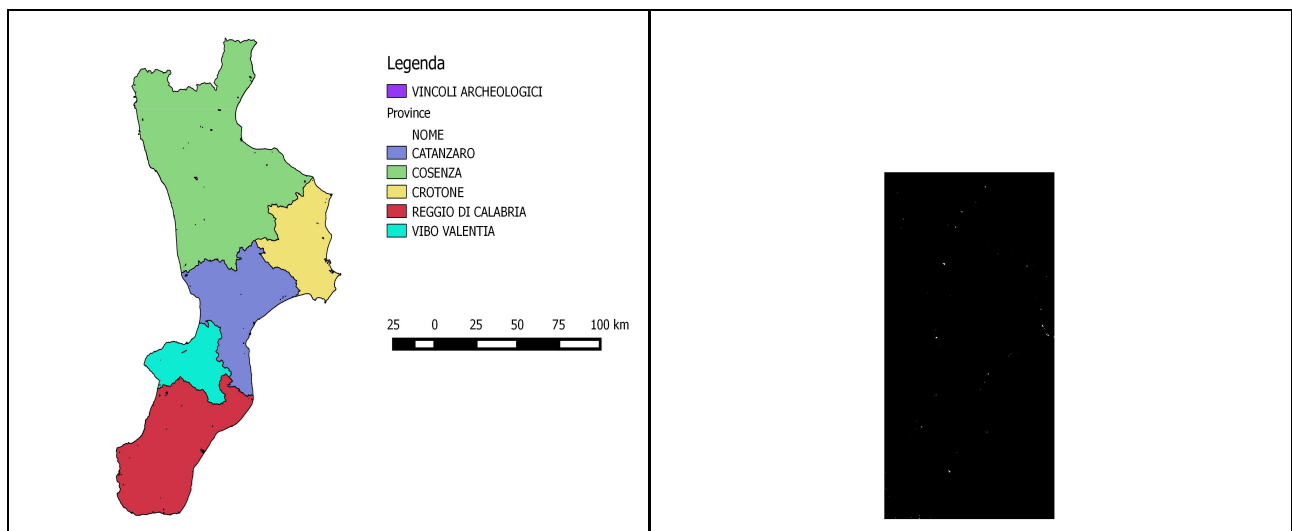
a) **Figura R2** Vincoli ambientali (RETE NATURA 2000: SIC, SIN, ZPS e SIR, Oasi e Riserve nonchè Parchi Nazionali e Regionali) a) formato vettoriale b) formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)



a)

b)

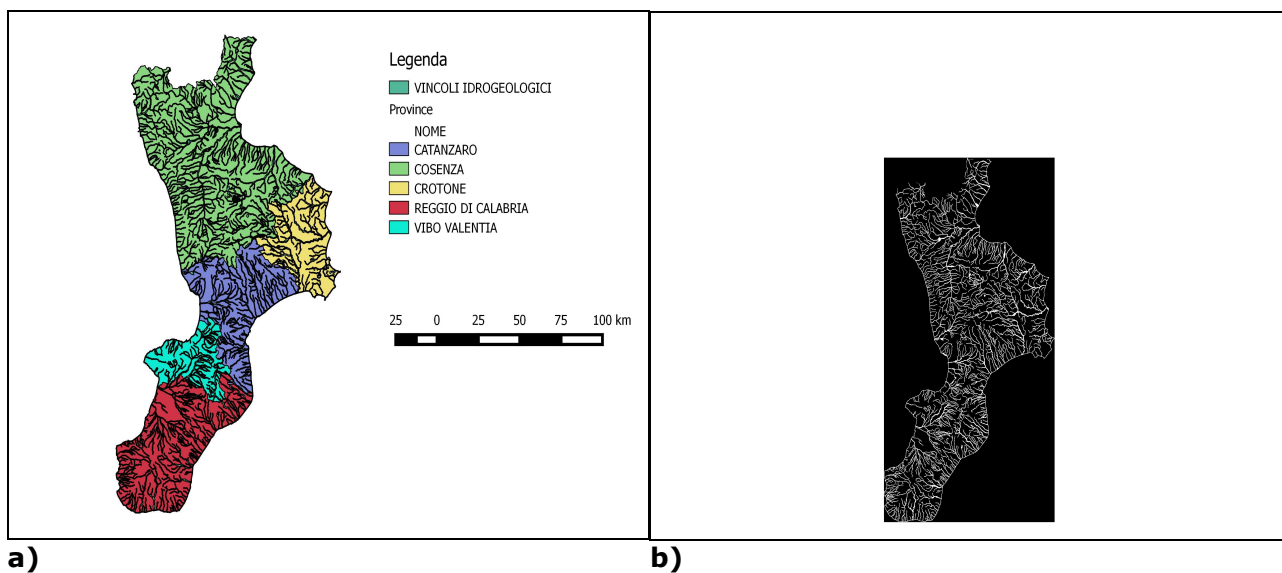
**Figura R3** Vincoli Paesaggistici a) formato vettoriale b) formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)



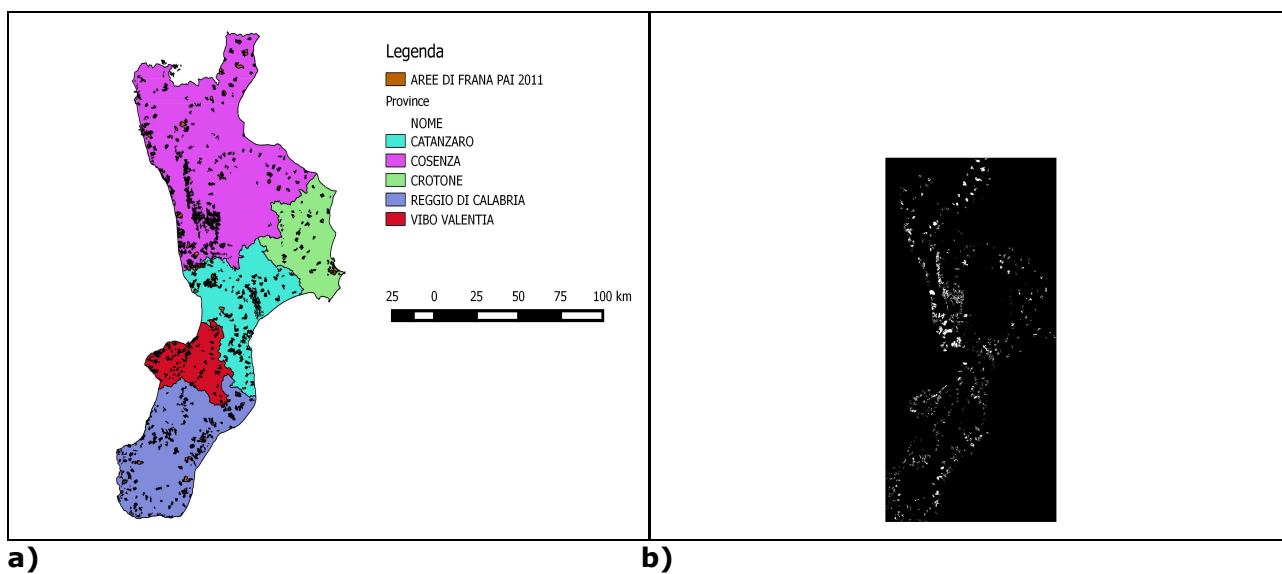
a)

b)

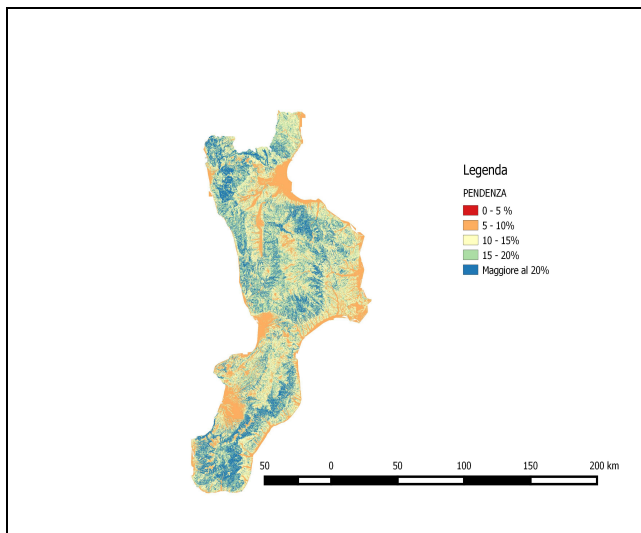
**Figura R4** Vincoli archeologici a) formato vettoriale b) formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)



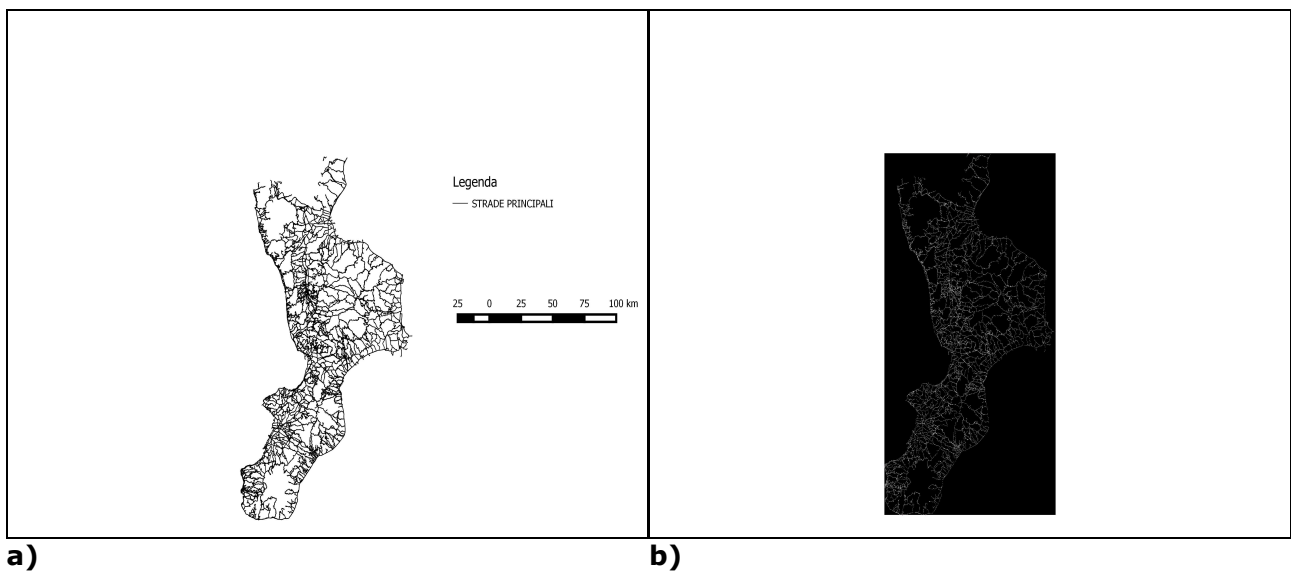
**Figura R5** Vincoli Idrogeologici a) formato vettoriale b) formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)



**Figura R6** Areali di Frana PAI 2011 a) formato vettoriale b) formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)

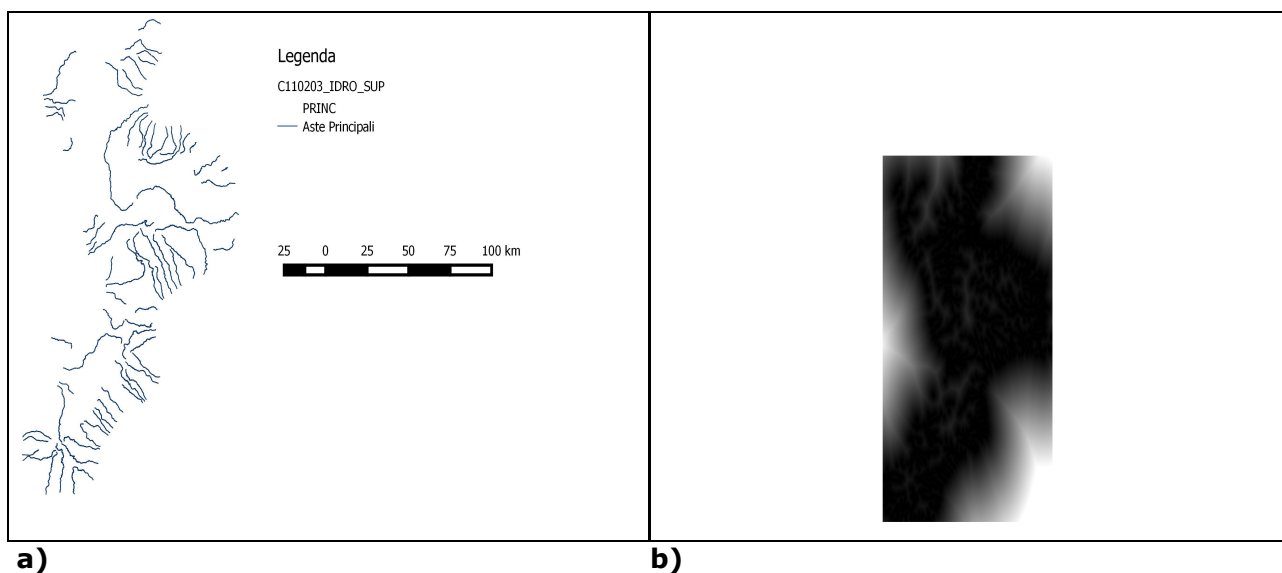


**Figura R7** Pendenza suolo, formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)

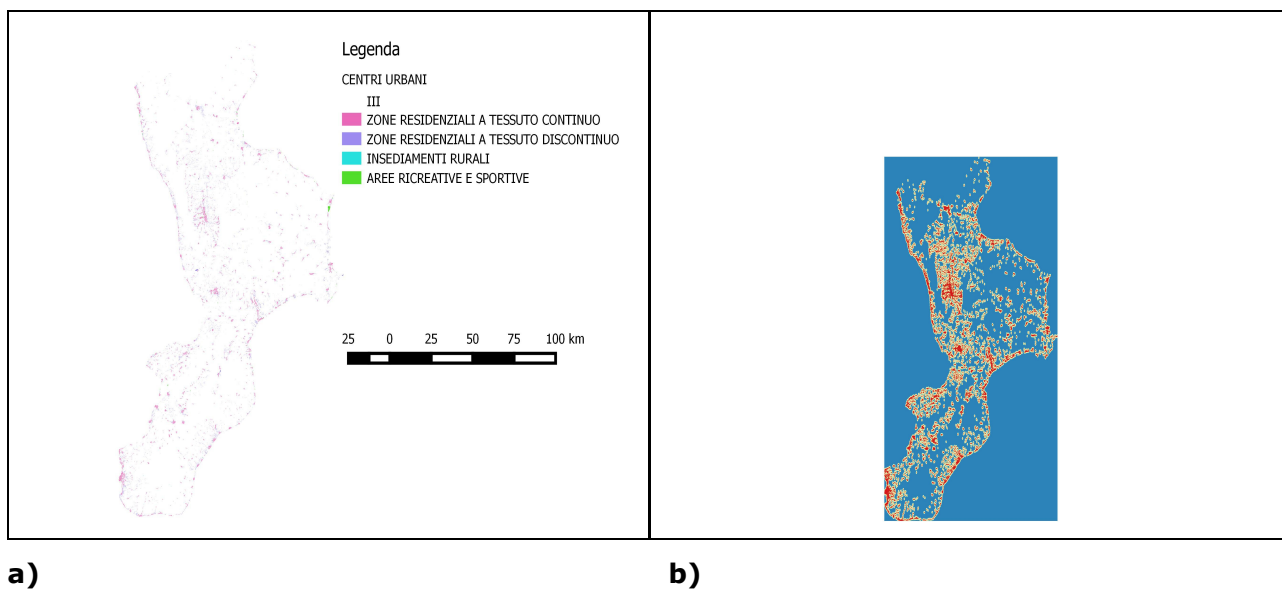


**Figura R8** Viabilità principale a) formato vettoriale b) formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)

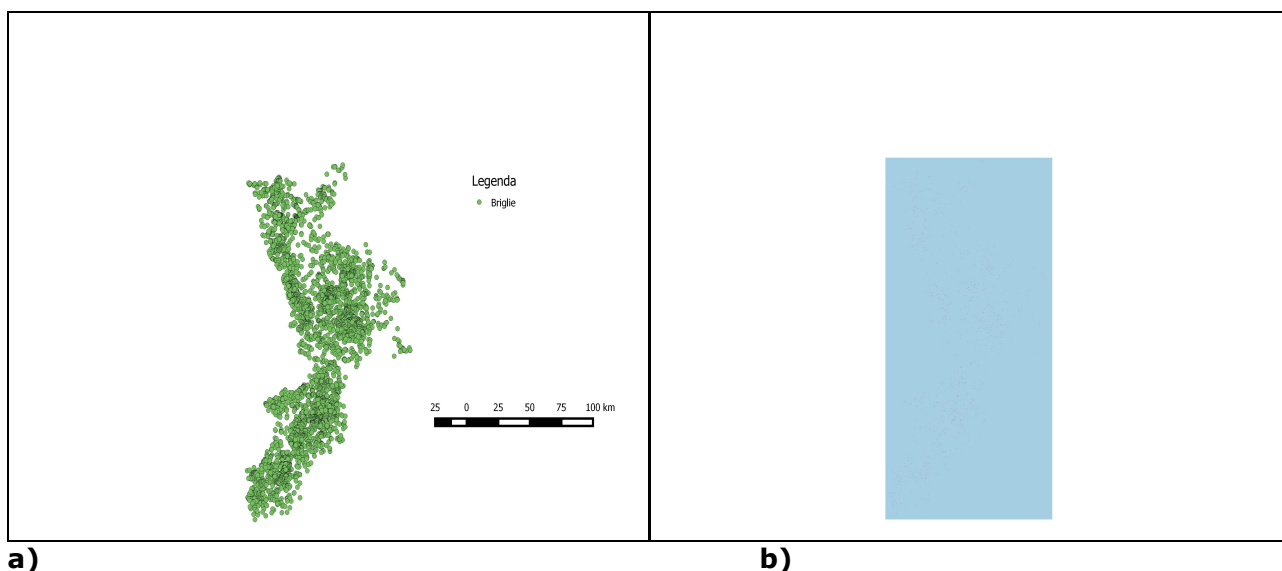




**Figura R9** Aste idrografiche principali a) formato vettoriale b) formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)

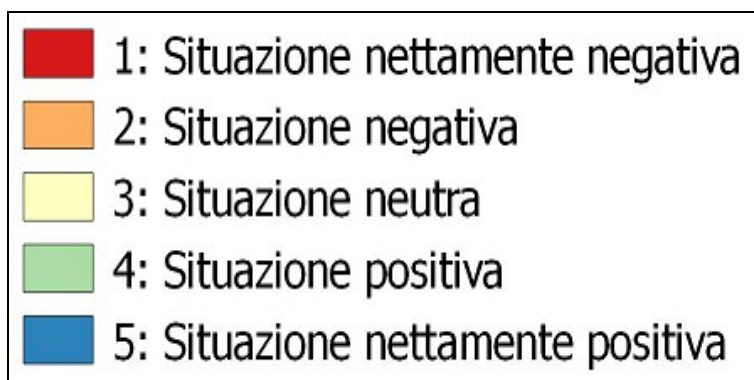


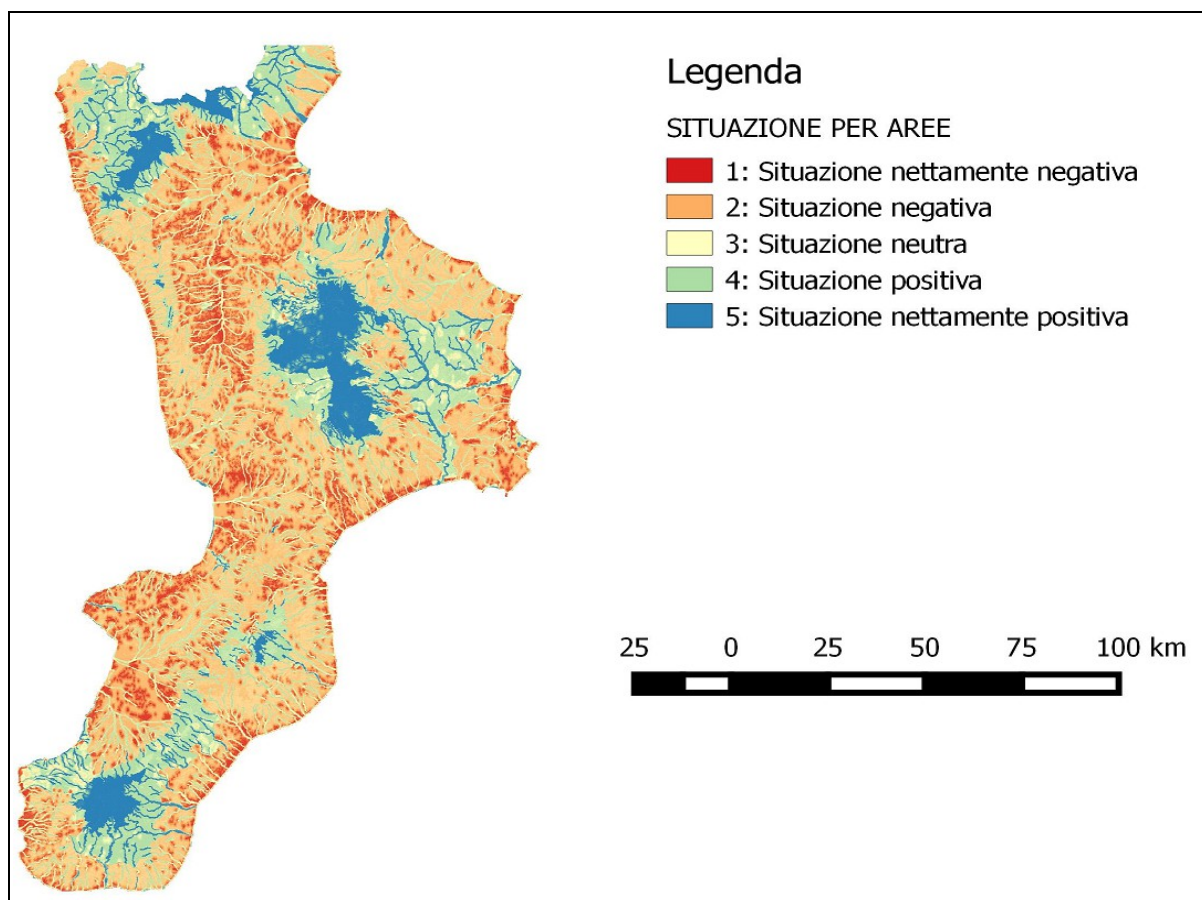
**Figura R10** Centri urbanizzati a) formato vettoriale b) formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)



**Figura R11** Briglie a) formato vettoriale b) formato raster (Elaborazione cartografica tramite software Q-gis 2.8.3)

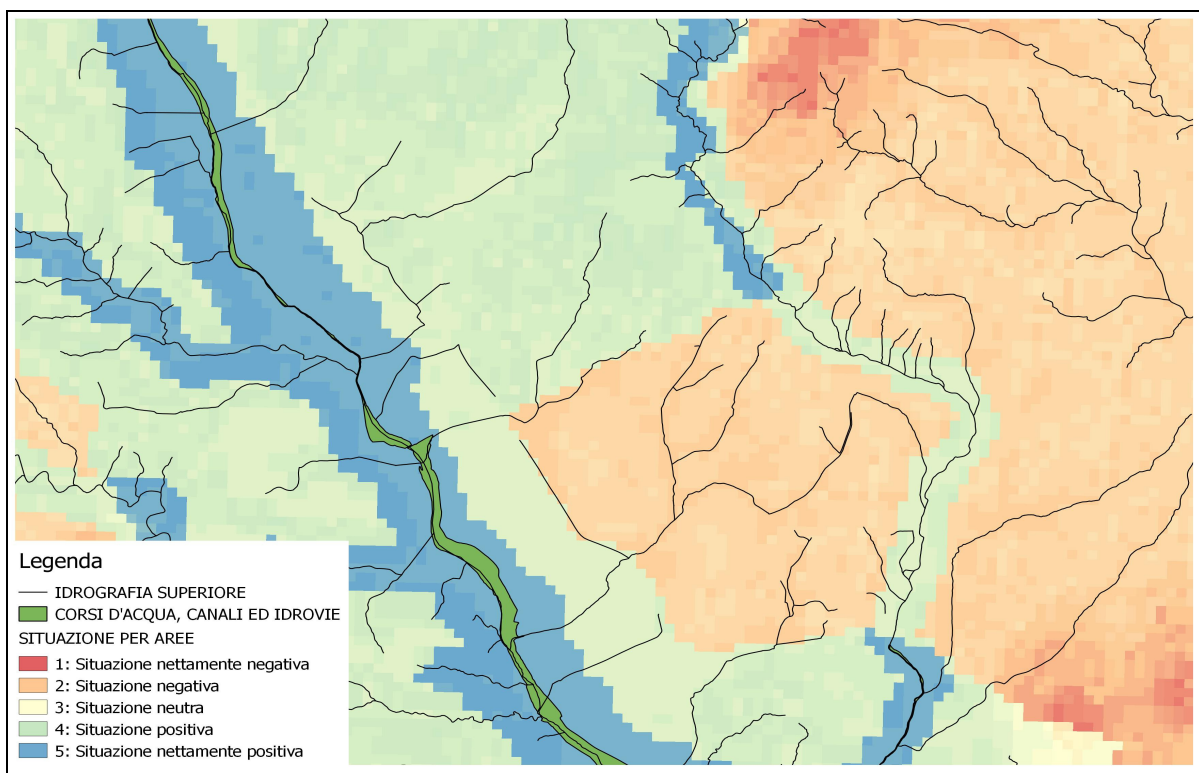
Una volta creati i file rasterizzati, si è proceduto tramite apposite funzioni di calcolo presenti all'interno del software Qgis, ad una somma pesata dei raster dei vari attributi dando a ciascun raster il valore del peso normalizzato ottenuto dal confronto a coppie dei vari attributi (tabelle 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4) relativi ai criteri sopra descritti. Dalla somma si sono ottenuti i tre file rasterizzati dei tre criteri. Infine dal confronto a coppie tra i criteri (tabella 5.5.5) si sono ottenuti i tre valori pesati dei criteri, che sono stati inseriti nel calcolatore raster con apposita funzione di somma pesata dalla quale si è ottenuta una carta in formato rasterizzato figura R10, delle aree idonee all'istallazione del mini idroelettrico; a livello visivo si è adottata la seguente scala cromatica per distinguere la varie zone:





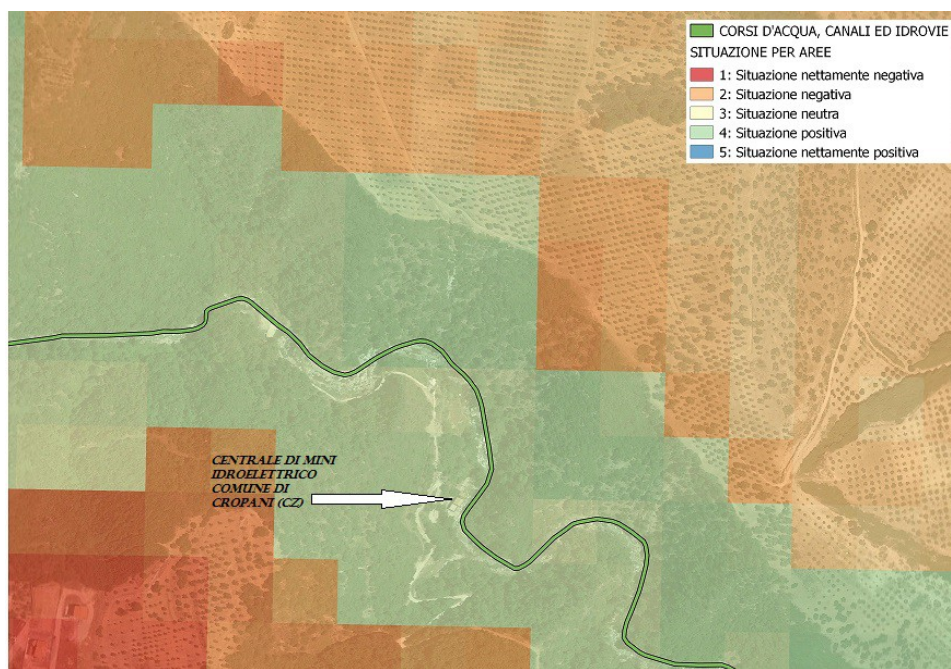
**Figura R12** Carta finale delle aree idonee all'istallazione degli impianti di mini idroelettrico

In figura R13 è possibile osservare un particolare di mappa, in cui sono visibili le aree in blu, elaborate tramite software, che descrivono condizioni territoriali e pianificatorie idonee alla istallazione di impianti mini idroelettrico



**Figura R13** Particolare della carta finale delle aree idonee all'installazione degli impianti di mini idroelettrico; (dalla carta si notano le aree in blu lungo un corso d'acqua principale della Regione Calabria).

In figura R14 è possibile vedere un particolare della mappa sovrapposto su una immagine da satellite in cui c'è la presenza di una centrale di mini idroelettrico; l'area in esame si trova nel comune di Cropani in provincia di Catanzaro, ciò a dimostrazione del fatto che il modello in esame pur essendo a carattere prototipale rappresenta uno strumento idoneo ad individuare situazioni favorevoli all'installazione delle centrali idroelettriche.



**Figura R14** Centrale di mini idroelettrico nel comune di Cropani (CZ)

## CONCLUSIONI

Lo scopo di questo lavoro di tesi è stato quello di creare un sistema di supporto alle decisioni per l'individuazione di aree idonee alla realizzazione di centrali idroelettriche con potenza inferiore ad 1 MW, tramite l'ausilio dell'Analisi Multicriteria (Multi Criteria Decision Analysis, MCDA) e dei Sistemi Informativi Geografici (GIS).

Questo tipo di analisi per scopo decisionale è orientata a supportare il decisore qualora si trovi a operare con valutazioni numerose e conflittuali, consentendo di ottenere una soluzione di compromesso in modo trasparente.

Molti dei problemi che riguardano le decisioni territoriali sono multicriteriali per natura, poiché coinvolgono diverse dimensioni, quali l'economia, la società, l'ambiente, la politica e valori spesso in contrapposizione tra loro. Inoltre essi possiedono una spiccata dimensione geografica e di conseguenza la classificazione dei criteri descrittivi, così come il loro ordinamento e la loro scelta, dipendono anche da tale caratterizzazione spaziale.

In questo lavoro è stata messa in luce l'importanza della pianificazione energetica territoriale, uno strumento nelle mani delle Pubbliche Amministrazioni che coinvolge attivamente le comunità locali nel percorso verso la sostenibilità energetica, attraverso la programmazione di azioni locali che migliorino l'efficienza energetica, aumentino il ricorso alle fonti rinnovabili, stimolino il risparmio energetico e l'uso razionale dell'energia.

L'importanza della conoscenza del territorio e delle sue risorse, preliminare ad ogni azione di pianificazione, così come di primaria rilevanza è la necessità di pianificare lo sviluppo e l'installazione di impianti per la produzione di energia in modo da non confliggere con la destinazione ad uso agricolo dei territori e con le colture ad uso alimentare.

Inoltre è stata analizzata la situazione energetica italiana nonché l'iter autorizzativo oltre alle valutazioni di impatto ambientale relative alla costruzioni di impianti a fonti rinnovabili.

Il modello è stato applicato sulla Regione Calabria e grazie ai dati estrapolati dal geoportale regionale, si è potuto costruire il sistema di supporto alle decisioni atto appunto ad individuare le aree più idonee alla realizzazione di mini impianti idroelettrici.

Di fondamentale importanza è stato il software open source Qgis, grazie al quale è stato possibile elaborare la carta finale delle aree idonee.

Infatti a dimostrazione di ciò, sull'area del comune di Cropani (provincia di Catanzaro) è presente una centrale di mini idroelettrico ricadente in un'area che dal nostro modello risulta essere idonea.

Il modello in esame pur essendo a carattere prototipale rappresenta uno strumento idoneo ad individuare situazioni favorevoli all'istallazione delle centrali idroelettriche.



## ALLEGATI

**Allegato 1 scheda blu Regione Calabria:** quadro generale della pianificazione energetica regionale, con particolare attenzione per la disciplina delle fonti rinnovabili, dell'efficienza energetica, nonché i procedimenti autorizzativi per gli impianti alimentati da FER;

<b>CALABRIA - Inquadramento generale</b>	
<b>Pianificazione energetica</b>	<p>Con delibera del Consiglio regionale 14 febbraio 2005 n. 315 la Regione Calabria ha provveduto ad adottare il Piano energetico ambientale regionale (PEAR); con Dgr 18 giugno 2009 n. 358 sono state approvate le linee di indirizzo per l'aggiornamento del PEAR.</p> <p>La Regione Calabria ha provveduto a dettare, con Dgr 30 gennaio 2006 n. 55, le linee direttrici per l'integrazione degli impianti eolici nel territorio regionale.</p>
<b>Rinnovabili ed efficienza energetica</b>	<p>In materia di programmazione dello sviluppo delle energie rinnovabili, la Regione, con Lr 29 dicembre 2008 n. 42 ha disciplinato l'inserimento gli impianti alimentati da fonti rinnovabili nel territorio regionale. Con tale legge la Calabria ha stabilito i limiti di potenza totale massima autorizzabile per fonte per il 2009. La Corte Costituzionale, con sentenza 1° aprile 2010 n. 124, ha sancito l'incostituzionalità di alcuni punti della citata legge regionale.</p> <p>La Regione non ha legiferato in merito alla certificazione energetica degli edifici; per tale materia, pertanto, si applica la normativa nazionale (Dlgs 192/2005 e s.m.i., Dpr 59/2009, Dm 26 giugno 2009).</p>
<b>Procedimenti autorizzativi e ripartizione delle competenze</b>	<p>La Lr 12 agosto 2002, n. 34 ha disciplinato il riordino delle funzioni amministrative regionali e locali. Tale legge ha riservato alla Regione le funzioni relative alle procedure per la localizzazione di impianti per la produzione di energia, l'elaborazione del Piano energetico regionale, la promozione di azioni dirette alla riduzione dei consumi energetici. In capo alle Province sono assegnati i compiti di adozione dei programmi di intervento per la promozione dell'utilizzo di fonti rinnovabili, l'autorizzazione all'installazione e all'esercizio degli impianti di produzione di energia destinata alla distribuzione, il controllo sul rendimento degli impianti termici.</p> <p>La Regione Calabria, con legge regionale 29 dicembre 2008 n. 42, ha disciplinato il procedimento per il rilascio dell'autorizzazione unica ai sensi del Dlgs 387/2003; con sentenza n. 124/2010 la Corte Costituzionale ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della legge regionale citata inerenti la modifica delle soglie per l'applicazione dell'autorizzazione unica.</p> <p>Con Dgr 871/2010 la Regione ha recepito le Linee Guida nazionali per l'autorizzazione di impianti a fonti rinnovabili e, con Lr 29 dicembre 2010 n. 34, ha modificato l'articolato della Lr 42/2008: l'art. 4 bis al comma 3 stabilisce che, in ottemperanza dell'art. 17 della legge n. 96/2010, comma 1 lettera d), gli impianti per la produzione di energia elettrica con capacità di generazione non superiore a 1 MW elettrico di cui all'articolo 1 comma 1 lettera e) del DLgs 387/2003 vengono assoggettati alla disciplina della DIA (ora PAS).</p> <p>Le competenze in materia di derivazioni di acqua a scopo idroelettrico sono state disciplinate con Lr 26 novembre 2001, n. 29.</p> <p>Con la Dgr n. 832 del 15 novembre 2004 la Calabria ha dettato procedure e indirizzi per l'installazione e l'esercizio di impianti eolici.</p> <p>In materia di Valutazione di Impatto Ambientale, la Regione Calabria, con Dgr 12 ottobre 2004 n. 736 ha disciplinato la procedura di VIA, stabilendo le procedure di verifica (screening) e di valutazione di impatto.</p>

**Allegato 2 scheda arancione Regione Calabria:** elenco delle principali norme regionali in materia di energia, fonti energetiche rinnovabili, valutazione di impatto ambientale (V.I.A.), valutazione ambientale strategica (V.A.S.), valutazione di incidenza (V.I.) e conferimento/delega delle funzioni amministrative;

<b>CALABRIA - Normativa di riferimento</b>			
<b>Anno</b>	<b>Estremi norma</b>	<b>Titolo</b>	<b>Materia / fonte</b>
<b>2010</b>	<a href="#">Lr 29 dicembre 2010, n. 34</a>	Collegato alla Finanziaria regionale - Nuove disposizioni in materia di autorizzazione per impianti a fonti rinnovabili	AUTORIZZAZIONI
	<a href="#">Dqr 29 dicembre 2010, n. 871</a>	Recepimento delle linee guida nazionali sull'autorizzazione di impianti a fonti rinnovabili nelle more di una disciplina regionale in materia	AUTORIZZAZIONI
<b>2008</b>	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Misure in materia di autorizzazione unica per la realizzazione di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili	AUTORIZZAZIONI
	<a href="#">Regolamento regionale 4 agosto 2008, n. 3</a>	Procedure di valutazione di impatto ambientale, di valutazione ambientale strategica e di rilascio delle autorizzazioni integrate ambientali	VIA, VAS e VI
	<a href="#">Lr 13 giugno 2008, n. 15</a>	Collegato alla finanziaria 2008 - Misure in materia di autorizzazione unica alla costruzione di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili	AUTORIZZAZIONI
<b>2006</b>	<a href="#">Dqr 30 gennaio 2006, n. 55</a>	Indirizzi per l'inserimento degli impianti eolici sul territorio regionale	EOLICA
<b>2005</b>	<a href="#">Dqr 8 marzo 2005, n. 248</a>	Progetti per la razionalizzazione dell'energia e l'efficienza energetica nelle strutture sanitarie e nei presidi ospedalieri della Regione Calabria	EFFICIENZA ENERGETICA
	<a href="#">Dcr 14 febbraio 2005, n. 315</a>	Piano energetico ambientale regionale	PIANIFICAZIONE
<b>2004</b>	<a href="#">Dqr 15 novembre 2004, n. 832</a>	Procedimento per il rilascio delle autorizzazioni alla costruzione ed esercizio di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili in attuazione del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387	AUTORIZZAZIONI
	<a href="#">Dqr 12 ottobre 2004, n. 736</a>	Approvazione del disciplinare della procedura di Valutazione di impatto ambientale	VIA, VAS e VI
<b>2003</b>	<a href="#">Dqr 4 aprile 2003, n. 564</a>	D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112, art. 31, DPR 12 aprile 1996 e successive modifiche e integrazioni - Approvazione delle procedure e indirizzi per la installazione di impianti eolici sul territorio della Regione Calabria.	EOLICA
<b>2002</b>	<a href="#">Lr 12 agosto 2002, n. 34</a>	Riordino delle funzioni amministrative regionali e locali	FUNZIONI
<b>2001</b>	<a href="#">Lr 26 novembre 2001, n. 29</a>	Norme per l'esercizio della pesca degli osteitti e per la protezione e l'incremento della fauna nelle acque interne della Regione Calabria: derivazioni d'acqua a scopo idroelettrico	AMBIENTE
<b>2000</b>	<a href="#">Lr 24 novembre 2000, n. 17</a>	Norme in materia di opere di concessione linee elettriche ed impianti elettrici con tensione non superiore a 150.000 volt. Delega alle amministrazioni provinciali	RETE



**Allegato 3 scheda gialla Regione Calabria: quadro sinottico delle autorizzazioni necessarie e delle autorità competenti per fonte e potenza installata.**

CALABRIA - Quadro autorizzazioni						
Tipologia impianto	Potenza installata	Procedimento	Riferimento normativo	Ente competente	Soglie tab. 2 D.Lgs. 387	Note
Solare Fotovoltaico	$P \leq 1$ MW	COMUNICAZIONE o PAS	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Comune	20 kW	La Corte Costituzionale, con sentenza n. 124/2010 ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della Lr 42/2008 con i quali la Regione aveva ampliato il campo di applicazione delle procedure semplificate. La Regione, con Lr 34/2010 ha modificato l'articolo della Lr 42/2008 e, alla luce del DM 10 settembre 2010, all'art. 4bis comma 3 ha stabilito che, in ottemperanza dell'art. 17 della Legge 96/2010, agli impianti fino a 1 MW di potenza viene applicata la DIA (ora PAS).
	$P > 1$ MW	AU	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Regione		La Corte Costituzionale, con sentenza n. 124/2010 ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della Lr 42/2008 con i quali la Regione aveva ampliato il campo di applicazione delle procedure semplificate. La Regione, con Lr 34/2010 ha modificato l'articolo della Lr 42/2008 e, alla luce del DM 10 settembre 2010, all'art. 4bis comma 3 ha stabilito che, in ottemperanza dell'art. 17 della Legge 96/2010, agli impianti fino a 1 MW di potenza viene applicata la DIA (ora PAS).
Eolico	$P \leq 1$ MW	COMUNICAZIONE o PAS	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Comune	60 kW	La Corte Costituzionale, con sentenza n. 124/2010 ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della Lr 42/2008 con i quali la Regione aveva ampliato il campo di applicazione delle procedure semplificate. La Regione, con Lr 34/2010 ha modificato l'articolo della Lr 42/2008 e, alla luce del DM 10 settembre 2010, all'art. 4bis comma 3 ha stabilito che, in ottemperanza dell'art. 17 della Legge 96/2010, agli impianti fino a 1 MW di potenza viene applicata la DIA (ora PAS).
	$P > 1$ MW	AU	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Regione		La Corte Costituzionale, con sentenza n. 124/2010 ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della Lr 42/2008 con i quali la Regione aveva ampliato il campo di applicazione delle procedure semplificate. La Regione, con Lr 34/2010 ha modificato l'articolo della Lr 42/2008 e, alla luce del DM 10 settembre 2010, all'art. 4bis comma 3 ha stabilito che, in ottemperanza dell'art. 17 della Legge 96/2010, agli impianti fino a 1 MW di potenza viene applicata la DIA (ora PAS).
Idraulico	$P \leq 1$ MW	COMUNICAZIONE o PAS	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Comune	100 kW	La Corte Costituzionale, con sentenza n. 124/2010 ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della Lr 42/2008 con i quali la Regione aveva ampliato il campo di applicazione delle procedure semplificate. La Regione, con Lr 34/2010 ha modificato l'articolo della Lr 42/2008 e, alla luce del DM 10 settembre 2010, all'art. 4bis comma 3 ha stabilito che, in ottemperanza dell'art. 17 della Legge 96/2010, agli impianti fino a 1 MW di potenza viene applicata la DIA (ora PAS).
	$P > 1$ MW	AU	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Regione		La Corte Costituzionale, con sentenza n. 124/2010 ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della Lr 42/2008 con i quali la Regione aveva ampliato il campo di applicazione delle procedure semplificate. La Regione, con Lr 34/2010 ha modificato l'articolo della Lr 42/2008 e, alla luce del DM 10 settembre 2010, all'art. 4bis comma 3 ha stabilito che, in ottemperanza dell'art. 17 della Legge 96/2010, agli impianti fino a 1 MW di potenza viene applicata la DIA (ora PAS).
Biomasse	$P \leq 1$ MW	COMUNICAZIONE o PAS	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Comune	200 kW	La Corte Costituzionale, con sentenza n. 124/2010 ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della Lr 42/2008 con i quali la Regione aveva ampliato il campo di applicazione delle procedure semplificate. La Regione, con Lr 34/2010 ha modificato l'articolo della Lr 42/2008 e, alla luce del DM 10 settembre 2010, all'art. 4bis comma 3 ha stabilito che, in ottemperanza dell'art. 17 della Legge 96/2010, agli impianti fino a 1 MW di potenza viene applicata la DIA (ora PAS).
	$P > 1$ MW	AU	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Regione		La Corte Costituzionale, con sentenza n. 124/2010 ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della Lr 42/2008 con i quali la Regione aveva ampliato il campo di applicazione delle procedure semplificate. La Regione, con Lr 34/2010 ha modificato l'articolo della Lr 42/2008 e, alla luce del DM 10 settembre 2010, all'art. 4bis comma 3 ha stabilito che, in ottemperanza dell'art. 17 della Legge 96/2010, agli impianti fino a 1 MW di potenza viene applicata la DIA (ora PAS).
Gas di discarica, gas residui dai processi di depurazione e biogas	$P \leq 1$ MW	COMUNICAZIONE o PAS	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Comune	250 kW	La Corte Costituzionale, con sentenza n. 124/2010 ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della Lr 42/2008 con i quali la Regione aveva ampliato il campo di applicazione delle procedure semplificate. La Regione, con Lr 34/2010 ha modificato l'articolo della Lr 42/2008 e, alla luce del DM 10 settembre 2010, all'art. 4bis comma 3 ha stabilito che, in ottemperanza dell'art. 17 della Legge 96/2010, agli impianti fino a 1 MW di potenza viene applicata la DIA (ora PAS).
	$P > 1$ MW	AU	<a href="#">Lr 29 dicembre 2008, n. 42</a>	Regione		La Corte Costituzionale, con sentenza n. 124/2010 ha dichiarato costituzionalmente illegittimi gli articoli della Lr 42/2008 con i quali la Regione aveva ampliato il campo di applicazione delle procedure semplificate. La Regione, con Lr 34/2010 ha modificato l'articolo della Lr 42/2008 e, alla luce del DM 10 settembre 2010, all'art. 4bis comma 3 ha stabilito che, in ottemperanza dell'art. 17 della Legge 96/2010, agli impianti fino a 1 MW di potenza viene applicata la DIA (ora PAS).

## **BIBLIOGRAFIA:**

- Abbasi, SA e N Abbasi (2000). "The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources". In: *Applied Energy* 65.1-4, pp. 121–144.
- Aggidis, G. A. et al. (dic. 2010). "The costs of small-scale hydro power production: Impact on the development of existing potential". In: *Renewable Energy* 35.12, pp. 2632–2638.
- Allan J.D., Castillo M.M. (2007). *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Springer Editions.
- Anagnostopoulos, John S. e Dimitris E. Papantonis (ott. 2007). "Optimal sizing of a run-of-river small hydropower plant". In: *Energy Conversion and Management* 48.10, pp. 2663–2670.
- Aslan, Yilmaz, Oguz Arslan e Celal Yasar (apr. 2008). "A sensitivity analysis for the design of small-scale hydropower plant: Kayabogazi case study". In: *Renewable Energy* 33.4, pp. 791–801.
- Assessment, Millennium Ecosystem (2005). *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Baguenier, H (1998). "ESHA and the White Paper on renewable energies". In: *Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau* 53.8, pp. 39–40.
- Bakis, R e A Demirbas (ott. 2004). "Sustainable development of small hydropower plants (SHPs)". In: *Energy Sources* 26.12, pp. 1105–1118.
- Bakis, Recep (ago. 2007). "Electricity production opportunities from multipurpose dams (case study)". In: *Renewable Energy* 32.10, pp. 1723–1738.
- Balat, Havva (dic. 2007). "A renewable perspective for sustainable energy development in Turkey: The case of small hydropower plants". In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11.9, pp. 2152–2165.
- Bard, Jochen (2008). "Modernisation and automation of small hydropower plants". In: *Wasserwirtschaft* 98.6, pp. 38–41.
- Bartle, A e G Hallowes (nov. 2005). "Hydroelectric power: present role and future". In: *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering* 158, pp. 28–31.
- Becker, Bernhard et al. (feb. 2009). "Development of a fish-friendly turbine-operation mode in run-of-river hydropower plants on the River Mosel". In: *Hydrologie Und Wasserbewirtschaftung* 53.1, pp. 4–12.
- Bertoldi et alii, *Linee guida come sviluppare un piano di azione per l'energia sostenibile – Paes*, JRC, Lussemburgo, 2010.

- Bishwakarma, M. B. e H. Stole (2008). “Real-time sediment monitoring in hydropower plants”. In: Journal of Hydraulic Research 46.2, pp. 282–288.
- Bohlen, Curtis e Lynne Y. Lewis (lug. 2009). “Examining the economic impacts of hydropower dams on property values using GIS”. In: Journal of Environmental Management 90, S258–S269.
- Bombino, G. et al. (lug. 2007). “A method for assessing channelization effects on riparian vegetation in a Mediterranean environment”. In: River Research and Applications 23.6, pp. 613–630.
- Bonilla, Silvia H. et al. (gen. 2010). “The roles of cleaner production in the sustainable development of modern societies: an introduction to this special issue”. In: Journal of Cleaner Production 18.1, pp. 1–5.
- Boubee, JAT e EK Williams (giu. 2006). “Downstream passage of silver eels at a small hydroelectric facility”. In: Fisheries Management and Ecology 13.3, pp. 165–176.
- Burstein F., Holsapple W.C. (eds) (2008), Handbook on Decision Support Systems, Berlin: Springer-Verlag.
- Cereghino, R, P Cugny e P Lavandier (2002). “Influence of intermittent hydropeaking on the longitudinal zonation patterns of benthic invertebrates in a mountain stream”. In: International Review of Hydrobiology 87.1, pp. 47–60.
- Congresso Nazionale AIGE – Rende (Cosenza), 10-11 Giugno 2013, STRUMENTI E METODOLOGIE PER LA PIANIFICAZIONE ENERGETICA TERRITORIALE M. Dell’Isola, A. Frattolillo, A. Massimo
- Cushing C.E., Allan J.D. (2001). Streams: their ecology and life. San Diego: Academic Press.
- Decreto 15/03/2012, “Definizione e qualificazione degli obiettivi regionali in materia di fonti rinnovabili e definizione della modalità di gestione dei casi di mancato raggiungimento degli obiettivi da parte delle Regioni e delle Province autonome (c.d. Burden Sharing)”.
- DengHua, Zhong et al. (lug. 2009). “Dynamic simulation and optimization approach to construction diversion of hydraulic and hydroelectric projects”. In: Science In China Series Etechnological Sciences 52.7, pp. 1990–1998.
- Direttiva 2009/28/CE, Promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
- Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale *Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, Regione Abruzzo, Regione Basilicata, Regione Calabria, Regione Campania, Regione Lazio, Regione Molise, Regione Puglia*

Doing, H (giu. 1997). “The landscape as an ecosystem”. In: Agriculture Ecosystems and Environment 63.2-3, pp. 221–225.

Doolla, S. e T. S. Bhatti (feb. 2007). “A new load frequency control technique for an isolated small hydropower plant”. In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part A Journal of Power and Energy 221.A1, pp. 51–57.

Dudhani, Surekha, A. K. Sinha e S. S. Inamdar (nov. 2006). “Assessment of small hydropower potential using remote sensing data for sustainable development in India”. In: Energy Policy 34.17, pp. 3195–3205.

EUROPA 2020, Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, Bruxelles, 2010.

Eyes Reg Giornale di Scienze Regionali Giornale on-line AISR (Associazione Italiana di Scienze Regionali)- L'integrazione tra Analisi Multicriteri e Sistemi Informativi Geograti a supporto delle procedure di valutazione (151-155 di Valentina Ferretti).

Fedele Iannone - Analisi multicriteria per la classificazione di possibili interventi di potenziamento logistico dell'Area vasta pometina secondo le dimensioni ACIT.

Figuera J., Greco S. e Ehrgott M. (2005), Multiple Criteria Decision Analysis, State of the Art Surveys, Springer, New York.

Ferretti V. (2012a), Integrating Multicriteria Analysis and Geographic Information Systems: an updated survey and classification of the literature, International Journal of Geomatics and Spatial Analysis (in corso di pubblicazione).

Ferretti V. (2012b), Verso la valutazione integrata di scenari strategici in ambito spaziale. I modelli MC-SDSS, Torino: Celid.

Fusco Girard L. (1987). Risorse architettoniche e culturali: valutazioni e strategie di conservazione. Una analisi introduttiva, Franco Angeli, Milano;

Fusco Girard L. e Nijkamp P. (2000). Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio, Franco Angeli, Milano.

Frutiger, A (gen. 2004a). “Ecological impacts of hydroelectric power production on the River Ticino. Part 1: Thermal effects”. In: Archiv Fur Hydrobiologie 159.1, pp. 43–56.

Fullerton, A. H. et al. (gen. 2009). “Putting watershed restoration in context: Alternative future scenarios influence management outcomes”. In: Ecological Applications 19.1, pp. 218–235.

Geneletti D. (2000), GIS, dati telerilevati e Sistemi di Supporto alla Decisione applicati alla Valutazione di Impatto Ambientale, Geomedia, 6.

Gis Open Source per geologia e ambiente: analisi e gestione di dati territoriali e ambientali con QGIS / Valerio Noti. - Palermo: D. Flaccovio, 2014

Giudice, F. e G. La Rosa (ago. 2009). "Design, prototyping and experimental testing of a chiral blade system for hydroelectric microgeneration". In: Mechanism and Machine Theory 44.8, pp. 1463–1484.

Gleick, PH (ago. 1992). "Environmental consequences of hydroelectric development - The role of facility size and type". In: Energy 17.8, pp. 735–747.

Gleick, PH (ago. 1992). "Environmental consequences of hydroelectric development - The role of facility size and type". In: Energy 17.8, pp. 735–747.

Goodchild M F and Kernp K K 1990 NCGZA Core Curriculum in GIS. Santa Barbara, National Center for Geographic Information and Analysis, University of California at Santa Barbara

Gosset, C et al. (dic. 2005). "Tests of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant". In: River Research and Applications 21.10, pp. 1095–1105.

GSE (Gestore Servizi energetici); Il quadro autorizzativo per impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili - Ricognizione della normativa nazionale e regionale.

Guitouni A. e Martel J.M. (1998), Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method, European Journal of Operational Research, Vol. 109, n. 2, pp. 501–521

Hosseini, SMH, F Forouzbakhsh e M Rahimpour (ott. 2005). "Determination of the optimal installation capacity of small hydro-power plants through the use of technical, economic and reliability indices". In: Energy Policy 33.15, pp. 1948–1956.

IRN (2006). Fizzy Science. Loosening the hydro industry's grip on reservoir greenhouse gas emissions research. Berkeley: International Rivers Network Publ.

Istituto di Ricerche sulle Attività Terziarie (IRAT), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

Jacquemmoz, P e D Tironi (1999). "Small hydropower stations control and monitoring". In: Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau 54.1, pp. 15–18.

Jaliu, Codruta et al. (2009). "The Eco-Impact Of Small Hydro Implementation". In: Environmental Engineering and Management Journal 8.4, pp. 837–841.

Kaldellis, JK, DS Vlachou e G Korbakis (ott. 2005). "Technoeconomic evaluation of small hydro power plants in Greece: a complete sensitivity analysis". In: Energy Policy 33.15, pp. 1969–1985.

Kaldellis, J. K. (apr. 2007). "The contribution of small hydro power stations to the electricity generation in Greece: Technical and economic considerations". In: *Energy Policy* 35.4, pp. 2187–2196.

Kaundinya, Deepak Paramashivan, P. Balachandra e N. H. Ravindranath (ott. 2009). "Grid-connected versus stand-alone energy systems for decentralized power-A review of literature". In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13.8, pp. 2041–2050.

Kaygusuz, K (mag. 2002b). "Sustainable development of hydropower and biomass energy in Turkey". In: *Energy Conversion and Management* 43.8, pp. 1099–1120.

Keeney R.L. (1992), *Value-focused thinking: a path to creative decision making*, Cambridge: Harvard University Press.

Keeney R.L. and Raiffa H. (1993). *Decisions with Multiple Objectives Preferences and Value Trade off*. Cambridge University Press, Cambridge;

Keil, Stefan (2008). "Automated operation of run-of-river hydropower plants - Water regime regulation and control technology". In: *Wasserwirtschaft* 98.6, pp. 26–28.

Kirk, T (giu. 1999). "Small-scale hydro-power in the UK". In: *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management* 13.3, pp. 207–212.

Klimpt, JE et al. (nov. 2002). "Recommendations for sustainable hydroelectric development". In: *Energy Policy* 30.14, pp. 1305–1312.

Krause, TM (1986). "Comprehensive planning of small hydropower". In: *Northwest Environmental Journal* 2.1, pp. 17–41.

Kucukali, Serhat e Kemal Baris (ott. 2009). "Assessment of small hydropower (SHP) development in Turkey: Laws, regulations and EU policy perspective". In: *Energy Policy* 37.10, pp. 3872–3879.

Kyoto Protocol, Convention on Climate Change, United Nations 1998.

(gen. 2008). "Critical evaluation of the hydropower applications in Greece". In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12.1, pp. 218–234.

LA CARTA IDROGRAFICA DELLA REGIONE CALABRIA *Centro Funzionale Strategico*

*Meteorologico Idrografico e Mareografico dell'A.R.P.A.Cal.*

La pianificazione energetica territoriale (ENEA) - EAI Energia, Ambiente Innovazione &/2014 - N. Colonna, M. Marani, R. Roberto

Legge 9/91 - Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali

idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali.

Legge 10/91 - Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

Libro Verde 2006, "Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura"

Lapucci A., Petri M. (2009), La sinergia di strumenti fra strumenti di intelligenza artificiale e procedure di aiuto alle decisioni multi criteri per la valutazione del rischio, atti della XXX Conferenza Scientifica Annuale AISRe, Federalismo, integrazione europea e crescita regionale, 9-11 Settembre, Firenze, Italia.

Lehner, Joachim e Tobias Weissbach (mag. 2009). "Global and local effects of decentralised electric power generation on the grid in the Western Balkan Countries (WBC)". In: Energy 34.5, pp. 555–563.

Lenzen, Manfred (mar. 2010). "Current State of Development of Electricity-Generating Technologies: A Literature Review". In: Energies 3.3, pp. 462–591.

López-Rodríguez M.J., Tierno de Figueroa J.M. Fenoglio S. Bo T. Alba-Tercedor J. (2009). "Life strategies of three Perlodidae species (Plecoptera) in a Mediterranean seasonal stream in southern Europe". In: Journal of the North American Benthological Society 28, pp. 611–625.

MacLeod, M, D Moran e I Spencer (ott. 2006). "Counting the cost of water use in hydroelectric generation in Scotland". In: Energy Policy 34.15, pp. 2048–2059.

Malczewski J. (2006), GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, International Journal of Geographical Information Science, 20, 7: 703-726.

Malczewski J. (1999), Gis and multicriteria decision analysis, John Wiley and Sons, USA

Markard, J e B Truffer (feb. 2006). "The promotional impacts of green power products on renewable energy sources: direct and indirect eco-effects". In: Energy Policy 34.3, pp. 306–321.

Maystre L.Y., Pictet J. e Simos J. (1994), Méthodes multicritères ELECTRE, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne

Mohammadabad, SH e D Riordan (ago. 2000). "Small hydropower advisor: Application and user perspective". In: Journal of Energy Engineering-Asce 126.2, pp. 83–93.

Munda G., Nijkamp P. e Rietveld P. (1994), Qualitative multicriteria evaluation for environmental management, Ecological Economics, Vol. 10, n. 2, pp. 97-112

M.F. Goodchild and Kemp, K.K. , 1990. NCGIA Core Curriculum Update, GIS World, April/May

Nachtnebel, H. P., P. Hanisch e L. Duckstein (nov. 1986). "Multicriterion analysis of small hydropower plants under fuzzy objectives". In: *The Annals of Regional Science* 20.3, pp. 86–103.

Ogayar, B., P. G. Vidal e J. C. Hernandez (nov. 2009). "Analysis of the cost for the refurbishment of small hydropower plants". In: *Renewable Energy* 34.11, pp. 2501–2509.

Ozturk, R e O Kincay (ott. 2004). "Potential of hydroelectric energy". In: *Energy Sources* 26.12, pp. 1141–1156.

Painuly, JP (set. 2001). "Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis". In: *Renewable Energy* 24.1, pp. 73–89.

Paish, O (dic. 2002b). "Small hydro power: technology and current status". In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 6.6, pp. 537–556.

Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria

Pinho, Paulo, Rodrigo Maia e Ana Monterroso (2007). "The quality of Portuguese Environmental Impact Studies: The case of small hydropower projects". In: *Environmental Impact Assessment Review* 27.3, pp. 189 –205. issn: 0195-9255.

Pompili T. (2005). Metodologie di valutazione economica: una rassegna sistematica, in Camagni R., Gorla G. (a cura di), *Valutazione Economica e Valutazione Strategica di programmi e progetti territoriali*, Franco Angeli, Milano;

Pompili T. (2006), "Metodologie di valutazione economica: una rassegna sistematica", in Camagni R., Gorla G. (a cura di), *Valutazione economica e strategica di programmi e progetti territoriali*, FrancoAngeli, Milano.

Power, ME, WE Dietrich e JC Finlay (1996). "Dams and downstream aquatic biodiversity: Potential food web consequences of hydrologic and geomorphic change". In: *Environmental Management* 20.6, pp. 887–895.

Power, ME et al. (mar. 1995). "Hydraulic food-chain models". In: *Bioscience* 45.3, pp. 159–167.

REGOLAZIONE REGIONALE DELLA GENERAZIONE ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI GsE - Aggiornamento al 31 dicembre 2013

Richard, JL (2002). "Small hydropower: industry and sustainable development". In: *Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau* 6-7, pp. 30–34.

Rojanamon, Pannathat, Taweeep Chaisomphob e Thawilwadee Bureekul (dic. 2009). "Application of geographical information system to site selection of small run-of-river hydropower project by



considering engineering/economic/environmental criteria

and social impact”. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13.9, pp. 2336–2348.

Roy B. e Bouyssou D. (1985), *Comparison of a Multi-Attribute Utility and an Outranking Model Applied to a Nuclear Power Plant Siting Example*, *Decision Making with Multiple Objectives*, Vol. 242 of the series *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, pp. 482-494

Roy B. e Mousseau V. (1996), *A theoretical framework for analyzing the notion of relative importance of criteria*, *Journal of Multi-criteria Decision Analysis*, Vol. 5, pp. 145-159

Sear, DA (dic. 1993). “fine sediment infiltration into gravel spawning beds within a regulated river experiencing floods – Ecological implications for salmonids”. In: *Regulated Rivers- Research and Management* 8.4, pp. 373–390.

Senn L., Bianchi L., Grea G., Milotti A. (2007), “Proposta di uno schema di definizione di una gerarchia infrastrutturale a servizio dei processi decisionali pubblici”, in Polidori G., Borruso G., Danielis R. (a cura di), *I trasporti ed il mercato globale*, FrancoAngeli, Milano.

Sharifi M.A., Rodriguez E. (2002), *Design and development of a planning support system for policy formulation in water resource rehabilitation*, *Journal of Hydroinformatics*, 4,3: 157-175.

Simon H.A. (1960), *The new science of management decision*. New York: Harper and Row.

Sparks, RE (mar. 1995). “Need for ecosystem management of large rivers and their floodplains”. In: *Bioscience* 45.3, pp. 168–182.

Statzner, B et al. (2001). “Perspectives for biomonitoring at large spatial scales: a unified measure for the functional composition on invertebrate communities in European running waters”. In: *Basic and Applied Ecology* 2.1, pp. 73–85.

*Storia della cartografia*- Di Achille Lodovisi e Stefano Torresani edito da Pàtron, 1996

Sant’Anna, Leonardo A. F. P. e Annibal Parracho Sant’Anna (lug. 2008). “A probabilistic approach to evaluate the exploitation of the geographic situation of hydroelectric plants”. In: *Energy Policy* 36.7, pp. 2320–2329.

Silva, Alexandre Stamford da e Fernando Menezes Campello de Souza (nov. 2008). “The economics of water resources for the generation of electricity and other uses”. In: *Annals of Operations Research* 164.1, pp. 41–61.

Tibone, C. et al. (dic. 2009). “noise model application to small hydroelectrical power plants impact evaluation in the Aosta Valley territory”. In: *Radiation Protection Dosimetry* 137.3-4, pp. 271–274.

- Travade, F, C Gouyou e N De Faveri (1999). “Efficiency of a downstream bypass and a behavioural acoustic barrier for Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) at the St. Cricq hydropower plant on the Ossau River (France).” In: *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture* 353-54, pp. 157–180.
- Truffer, B et al. (feb. 2001). “Green electricity from Alpine hydropower plants”. In: *Mountain Research and Development* 21.1, pp. 19–24.
- Truffer, B et al. (2003). “Green Hydropower: The contribution of aquatic science research to the promotion of sustainable electricity”. In: *Aquatic Sciences* 65.2, pp. 99–110.
- Tsoutsos, Theocharis, Efpraxia Maria e Vassilis Mathioudakis (mag. 2007). “Sustainable siting procedure of small hydroelectric plants: The Greek experience”. In: *Energy Policy* 35.5, pp. 2946–2959.
- Varun, Ravi Prakash e Inder Krishnan Bhat (dic. 2009). “Energy, economics and environmental impacts of renewable energy systems”. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13.9, pp. 2716–2721.
- Vinson, MR (giu. 2001). “Long-term dynamics of an invertebrate assemblage downstream from a large dam”. In: *Ecological Applications* 11.3, pp. 711–730.
- Ward J.V., Stanford J.A. (1987). “Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis on thermal modification of regulated streams”. In: *Ecology of regulated streams. A cura di Stanford J.A. Ward J.V.* New York: Plenum, pp. 35–56.
- Williams, A. A. e R. Simpson (ago. 2009). “Pico hydro – Reducing technical risks for rural electrification”. In: *Renewable Energy* 34.8, pp. 1986–1991.
- Worral L. (1991), *Spatial Analysis and Spatial Policy using Geographic Information Systems*. London: Belhaven Press.
- Yi, Choong-Sung, Jin-Hee Lee e Myung-Pil Shim (apr. 2010). “Site location analysis for small hydropower using geo-spatial information system”. In: *Renewable Energy* 35.4, pp. 852–861.
- Yuksel, Ibrahim (gen. 2010). “Hydropower for sustainable water and energy development”. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14.1, pp. 462–469.
- Zeller, Anton (2010). “Aspects of 100 Years of Hydropower Development in Bavaria”. In: *Wasserwirtschaft* 100.1-2, pp. 61–66.